



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique

Université Larbi Tébessi - Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la
Nature et de la Vie

Département : Mathématiques et Informatique



كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة و الحياة
FACULTE DES SCIENCES EXACTES
ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de MASTER
Domaine : Mathématiques et Informatique
Filière : Informatique
Option : Réseaux et sécurité informatique

Géolocalisation par satellite

Thème

Présenté Par :

Chadia Moumeni

Devant le jury :

<i>Mr A. Ahmim</i>	<i>MAA</i>	<i>Université Larbi Tébessa</i>	<i>Président</i>
<i>Mr A. Gharbi</i>	<i>MAB</i>	<i>Université Larbi Tébessa</i>	<i>Examineur</i>
<i>Mr T. Mekhaznia</i>	<i>MCA</i>	<i>Université Larbi Tébessa</i>	<i>Encadreur</i>

Date de soutenance : 23/06/2019

Résumé

Le *Global Positioning System*(GPS), en français par *système de positionnement mondial* – est un système de *géolocalisation* fonctionnant au niveau mondial. Il permet la localisation de coordonnées quasi-précise de position d'objets sur terre, équipés d'un émetteur d'ondes là où il n'y avait pas de point de référence. Ledit système a été conçu spécialement à l'usage militaire : guidage d'engins mouvants, repérage d'objets et marquage de zones sensibles. Il est par la suite étendu à grande échelle pour porter aide à la géodésie, trafic terrestre et aérien,

Le système utilise divers segments dont une batterie de *satellites* fait partie ainsi que divers protocoles et bien entendu des objets équipés d'émetteurs/récepteurs d'ondes radio et électromagnétiques. La gestion du GPS utilise divers algorithmes basés sur le calcul géométrique et topographique. Chaque méthodologie reporte des résultats plus ou moins précises liés à la nature des équipements du signal utilisé. La présente étude repose sur cet aspect. Elle permet d'analyser les différentes études existantes, déceler leurs anomalies et suggérer de nouvelles propositions permettant de rapporter des résultats plus performants. Néanmoins, le travail présenté a été restreint à une simulation locale et ce, en l'absence d'outils de calcul (satellites par exemple) qui relèvent de la propriété de l'état.

Mots clés : GPS, DGPS, Satellite, Géolocalisation.

Abstract

The Global Positioning System (GPS), is a geolocation system that operates at the global level and is accessible to the general public in part. It allows the location of quasi-accurate coordinates of the position of objects on earth, equipped with a wave transmitter where there was no reference point. This system has been specially designed for military use: guiding moving machines, locating objects and marking sensitive areas. It is then extended on a large scale to support geodesy, land and air traffic. The system uses various segments including a battery of satellites, various protocols and of course objects equipped with radio and electromagnetic wave transceivers. GPS management uses various algorithms based on geometric and topographic calculations. Each methodology reports more or less precise results related to the nature of the equipment of the signal used. This study is based on this aspect. It makes it possible to analyze the various existing studies, detect their anomalies and suggest new proposals for reporting better results. Nevertheless, the work presented was restricted to a local simulation in the absence of calculation tools (satellites for example) that fall under the ownership of the state.

Keywords : GPS, DGPS, Satellite, Géolocalisation.

المخلص

نظماً نحدد المواقع الجغرافية يعمل على مستوى العالم ويمكن لعلامة الزايس الوصول إليه جزئياً. إنه يسمح بتحديد مواقع الإحداثيات بشكل شبه الدقيق الأرض، ثم نصمم النظام خصيصاً للاستخدام العسكري ثم تمت اتناحنه جزئياً للخدمة المدنية ويعتمد النظام على مجموعة من الاجهزة مثل المسنوبات والكاميرات الصناعية وكذلك العديد من البروتوكولات

يستخدم النظام خوارزميات متقدمة تستند إلى الحساب الهندسي والطوبوغرافي. نشير لكل منهجية إلى نتائج أكثر دقة أو أقل دقة بطبيعة معدات الإشارة المستخدمة. نستند هذه الدراسة على هذا الجانب ومع ذلك، نأخذ في الاعتبار العمل الميداني على محاكاة محلية، ني غياب أدوات الزمرة (الكاميرات الصناعية على سبيل المثال) التي هي ملك للدولة. كلمات البحث: الكاميرات الصناعية، تحديد المواقع الجغرافية، نظام تحديد المواقع، نظام تحديد المواقع المتناضلي

Résumé

Le *Global Positioning System* (GPS), traduit en français par *système de positionnement mondial* – est un système de *géolocalisation* fonctionnant au niveau mondial. Il permet la localisation de coordonnées quasi- précises de position d'objets sur terre, équipés d'un émetteur d'ondes là où il n'y avait pas de point de référence. Ledit système a été conçu spécialement à l'usage militaire : guidage d'engins mouvants, repérage d'objets et marquage de zones sensibles. Il est par la suite étendu à grande échelle pour porter aide à la géodésie, trafic terrestre et aérien,

Le système utilise divers segments dont une batterie de *satellites* fait partie ainsi que divers protocoles et bien entendu des objets équipés d'émetteurs/récepteurs d'ondes radio et électromagnétiques. La gestion du GPS utilise divers algorithmes basés sur le calcul géométrique et topographique. Chaque méthodologie reporte des résultats plus ou moins précises liés à la nature des équipements du signal utilisé. La présente étude repose sur cet aspect. Elle permet d'analyser les différentes études existantes, déceler leurs anomalies et suggérer de nouvelles propositions permettant de rapporter des résultats plus performants. Néanmoins, le travail présenté a été restreint à une simulation locale et ce, en l'absence d'outils de calcul (satellites par exemple) qui relèvent de la propriété de l'état.

Mots clés : GPS, DGPS, Satellite, Géolocalisation.

Abstract

The Global Positioning System (GPS), is a geolocation system that operates at the global level and is accessible to the general public in part. It allows the location of quasi-accurate coordinates of the position of objects on earth, equipped with a wave transmitter where there was no reference point. This system has been specially designed for military use: guiding moving machines, locating objects and marking sensitive areas. It is then extended on a large scale to support geodesy, land and air traffic. The system uses various segments including a battery of satellites, various protocols and of course objects equipped with radio and electromagnetic wave transceivers. GPS management uses various algorithms based on geometric and topographic calculations. Each methodology reports more or less precise results related to the nature of the equipment of the signal used. This study is based on this aspect. It makes it possible to analyze the various existing studies, detect their anomalies and suggest new proposals for reporting better results. Nevertheless, the work presented was restricted to a local simulation in the absence of calculation tools (satellites for example) that fall under the ownership of the state.

Keywords : GPS, DGPS, Satellite, Géolocalisation.

المخلص

نظام تحديد الموقع الجغرافي يعمل على مستوى العالم ويمكن لعامة الناس الوصول إليه جزئياً. إنه يسمح بتحديد موقع الإحداثيات بشكل شبه الدقيق الأرض، تم تصميم النظام خصيصاً للاستخدام العسكري ثم تمت اتاحته جزئياً للمستخدمين المدنيين ويعتمد النظام على مجموعة من الأجهزة مثل المستقبلات والأقمار الصناعية وكذلك العديد من البروتوكولات يستخدم النظام خوارزميات مختلفة تستند إلى الحساب الهندسي والطوبوغرافي. تشير كل منهجية إلى نتائج أكثر دقة أو أقل تتعلق بطبيعة معدات الإشارة المستخدمة. تستند هذه الدراسة على هذا الجانب ومع ذلك، فقد اقتصر العمل المقدم على محاكاة محلية، في غياب أدوات الازمة (الأقمار الصناعية على سبيل المثال) التي هي ملك للدولة.

كلمات البحث: الأقمار الصناعية، تحديد الموقع الجغرافي، نظام تحديد المواقع، نظام تحديد المواقع التفاضلي.

Sommaire

Contenu

RESUME

SOMMAIRE

FIGURES ET ILLUSTRATIONS

TABLES ET ALGORITHMES

REMERCIEMENTS

DEDICES

INTRODUCTION.....	1
I. GPS : PROBLEME ET SOLUTIONS.....	3
1.1 INTRODUCTION	3
1.2 ARCHITECTURE DU GPS	4
1.3 LES APPLICATIONS DU GPS.....	9
1.4 CONCLUSION.....	11
II. GEOLOCALISATION	12
2.1 INTRODUCTION.....	12
2.2 LES SYSTEMES DE GEOLOCALISATION.....	13
2.3 EQUIPEMENTS	15
2.4 LES PROTOCOLES	19
2.5 APPLICATION	21
2.6 CONCLUSION.....	29
III. LA GEOLOCALISATION EN PRATIQUE	30
3.1 INTRODUCTION	30
3.2 STRUCTURE ET CONCEPTION DE CARTES	30
3.3 LOCALISATION 2D.....	34
3.4 CONCLUSION.....	41
IV. ETUDE EXPERIMENTALE.....	42
4.1 INTRODUCTION	42
4.2 LES OUTILS D'IMPLEMENTATION.....	42
4.3 PRINCIPE DE SIMULATION	43
4.4 CONCLUSION	51
V. CONCLUSION & PERSPECTIVES.....	52
VI. REFERENCES	54

Figures et illustrations

N°	Nom	Page
1.1	Constellation GPS	5
1.2	Projection plane de la constellation GPS	5
1.3	Localisation des segments de contrôle GPS.....	6
1.4	Mise à jour de message de navigation	7
1.5	Principaux composants du récepteur GPS	8
2.1	Orbite GLONASS	13
2.2	Constellation de Galileo	14
2.3	La trame GGA	20
3.1	La représentation en mode raster	31
3.2	La représentation en mode vectrice	32
3.3	Conversion des coordonnées géographiques sur l'ellipsoïde géocentrique aux coordonnées planes en projection cartographique	34
3.4	Problème de la localisation point à point : allocation erronée du point GPS	35
3.5	Le problème d'ambiguïté et d'instabilité de position	36
3.6	L'intérêt de la méthode topographique	36
3.7	Erreur ellipse ayant une partie intérieure du segment AB	37
3.8	La distance entre chaque satellite et le récepteur	38
3.9	Projection de la position du satellite sur la terre	39
3.10	Principe de trilatération	39
4.1	La validation du résultat sur Google Maps	45
4.2	La validation du résultat sur Google Maps	46
4.3	La validation du résultat sur Google Maps	47
4.4	La validation du résultat sur Google Maps	47
4.5	La validation du résultat sur Google Maps	48
4.6	La variation des valeurs HDOP, VDOP en fonction au nombre de satellites.....	48
4.7	La configuration des paramètres du satellite dans les deux modes	49
4.8	Diagramme explique l'algorithme de la technique	50

Tables et algorithmes

N°	Nom	Page
1.1	Caractéristiques des services des récepteurs GPS.....	9
2.1	Comparaison entre trois récepteurs de type professionnelle	17
2.2	Exemples de récepteurs commercialisés embarqués	18
2.3	Comparaison entre Google Maps et TomTom	23
2.4	Comparaison entre Glympse et Foursquare	25
2.5	Comparaison entre EwayFleet et MSpy	27
2.6	Comparaison entre SatFinder et SatelliteCheck	29
3.1	Comparaison entre les deux modes de modélisation de la carte numérique	33
4.1	La position du satellite et le point initial	45
4.2	Les positions des satellites	46
4.3	Les positions initiales des deux points	49
4.4	Les positions des points en mode GPS	49
4.5	Les positions des points en mode DGPS	49
3.1	Localisation de position	41

Notations

λ	Latitude géodésique
φ	Longitude géodésique
h	Hauteur géodésique
d	Distance entre satellite et récepteur
Δt	Le temps de parcours d'onde
c	La vitesse de la lumière
t_{biais}	Biais entre l'horloge de récepteur et l'horloge de satellite
m	Distance entre la position de projection d'un satellite et récepteur
H	Hauteur du satellite au-dessus de la surface de la Terre
x_u	Coordonnées d'utilisateur selon l'axe des x
y_u	Coordonnées d'utilisateur selon l'axe des y
z_u	Coordonnées d'utilisateur selon l'axe des z
x_s	Coordonnées du satellite selon l'axe des x
y_s	Coordonnées du satellite selon l'axe des y
z_s	Coordonnées du satellite selon l'axe des z
X_s	Coordonnées de la projection du satellite selon l'axe des x
Y_s	Coordonnées de la projection du satellite selon l'axe des y
Z_s	Coordonnées de la projection du satellite selon l'axe des z
F	Matrice des équations
J	Matrice jacobienne
P_u	Position d'utilisateur
P_0	Position initiale
x_{stFix}	Coordonnées de station fixée selon l'axe des x
y_{stFix}	Coordonnées de station fixée selon l'axe des y
z_{stFix}	Coordonnées de station fixée selon l'axe des z
x_{stMob}	Coordonnées de station mobile selon l'axe des x
y_{stMob}	Coordonnées de station mobile selon l'axe des y
z_{stMob}	Coordonnées de station mobile selon l'axe des z
d_{stMob}	Distance entre la position de station mobile calculable par station fixée et satellite
d_{sMsat}	Distance entre la position de station mobile et satellite
B	Biais liée à la distance calculée par station mobile et satellite
b	Biais liée à la distance calculée par satellites
ΔP	Position d'utilisateur calculé par satellites

Remerciements

Je tiens en premier lieu exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur Tahar Mekhaznia pour le suivi régulier, le cadre scientifique rigoureux et l'esprit d'autocritique qu'il a su m'apporter. Je lui suis très reconnaissant pour m'avoir favorisé un cadre de recherche agréable m'ayant permis d'achever ce travail dans les meilleures conditions.

Je tiens également à remercier, pour avoir orienté ma recherche et pour l'intérêt qu'il m'a témoigné tout au long de ce parcours.

J'espère avoir été à la hauteur de leurs espérances.

J'adresse également mes remerciements les plus sincères Monsieur le président pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont accepté de consacrer une part de leur temps pour examiner mon travail ;

Merci à celles et ceux qui auront à lire tout ou une partie de ce manuscrit et qui y trouveront un quelconque intérêt ;

Enfin, un grand merci est adressé également à tous ceux qui m'ont octroyé part de leur soutien et encouragements afin arriver au terme de ce travail ;

Tous ceux qui m'ont incité même involontairement à faire mieux, veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude, en particulier ma sœur Imane.

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu pour sa bénédiction.

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents.

A mes frères et mes sœurs Imane et Chaima.

A tous mes profs depuis le primaire jusqu'à l'université.

A tous ceux qui me sens chers.

Introduction

Le système de positionnement global ou GPS, est un système de radionavigation spatial qui permet aux utilisateurs équipés de récepteurs convenables de déterminer sur terre, sur mer ou dans les airs, leur position, leur vitesse et l'heure à n'importe quel moment du jour ou de la nuit et ce, quelles que soient les conditions météorologiques. Le système offre un niveau de précision équivalent ou supérieur à tout autre système de navigation actuel. Il a été conçu par le ministère de la Défense des États-Unis, dans le but de répondre aux besoins militaires, mais, étendu par la suite aux applications civiles, notamment l'aviation et la marine. Il est basé sur divers segments échangeant des ondes électromagnétiques et permettant de localiser un émetteur du même principe qu'un radar.

Dans le système de positionnement global, l'émission est générée par le satellite et arrive au récepteur avec un certain retard correspondant à la distance entre le récepteur et le satellite. À la différence des objets proéminents cartographiés, les satellites sont des cibles en déplacement, ce qui nécessite la connaissance du moment exact de la transmission du signal et la position du satellite sur son orbite à ce moment ; chose pas toujours évidente, causant des inexactitudes dans le calcul de la position, allant d'un mètre à des centaines de mètres. Ce type d'erreurs peut également être accentué par divers autres facteurs, notamment la désynchronisation des horloges, les retards ionosphériques, et l'usage des récepteurs hétérogènes.

Les études actuelles tentent d'améliorer ces imperfections par des calculs géométriques et par usage d'outils numériques adéquats. Ces travaux ont été analysés en partie dans ce travail, qui tente d'exposer les méthodologies utilisées et la synthèse d'applications pratiques à travers quatre chapitres dont le premier présente une description du système GPS, son utilité et les applications qui lui sont rattachées. Le deuxième donne un aperçu pratique sur la géolocalisation ou les divers segments sont présentés en détail ainsi que les algorithmes utilisés et le troisième est consacré à l'étude des cartes, la structure des lieux et la reconnaissance de points de repérage.

Le chapitre quatrième, aspect pratique de l'étude, illustre une application numérique calculée à base d'outils existants et comparée à une implémentation basée sur des références géométriques et cartographiques. L'étude intègre également une analyse des résultats et discussion qui ont conduit à une nouvelle idée.

La conclusion du travail montre l'utilité du thème d'étude et les avenues, objet de travaux futurs.



Chapitre I

I. GPS : Problème et solutions

1.1 Introduction :

Le système de positionnement global (GPS) ou NAVSTAR (Navigation System by Timing And Ranging) est un système de navigation par satellites qui a été mis au point par le DOD¹ des États-Unis au début des années 1970. Initialement, le système GPS a été conçu au départ pour des applications militaires, mais a été mis à la disposition des applications civiles, pour devenir actuellement un système dual civil et militaire.

Le GPS fournit des informations continues de positionnement et de synchronisation, n'importe où dans le monde, quelles que soient les conditions météorologiques. Parce qu'il sert à un nombre illimité d'utilisateurs en plus d'être utilisé pour des raisons de sécurité, le GPS est un système unidirectionnel (passif). En d'autres termes, les utilisateurs ne peuvent recevoir que le fichier des signaux satellites.

¹ Ministère de la défense Américaine.

Il a été développé en vue du remplacement du système de positionnement Transit² qui présentait deux limitations importantes : la première étant une couverture satellitaire insuffisante amenant une disponibilité réduite, la deuxième étant une faible précision en navigation.

1.2 Architecture du GPS :

Le GPS comprend trois segments : le segment spatial, le segment de contrôle et le segment d'utilisateur. La constellation de satellites contient les satellites en orbite qui fournissent les signaux de télémétrie et les messages de données à l'équipement utilisateur. Le segment de contrôle opérationnel (OCS) suit et maintient les satellites dans l'espace. Enfin, l'équipement récepteur de l'utilisateur exécute les fonctions de navigation, de chronométrage ou d'autres fonctions connexes (p. ex., arpentage).

1.2.1 Le segment spatial

Le segment spatial comporte deux aspects principaux : L'un des aspects est la constellation de satellites en termes, d'orbites et de positionnement à l'intérieur des orbites. L'autre aspect concerne les caractéristiques des satellites qui occupent chaque créneau orbital.

- Constellation des satellites GPS

La constellation GPS nominale se compose officiellement de 24 satellites dans 6 plans orbitaux, connus sous le nom COI³ (c'est la constellation de base à 24 emplacements). Depuis juin 2011 la configuration de la constellation principale est augmentée à 27 emplacements en introduisant le concept d'une constellation extensible, Cette reconfiguration a permis d'améliorer la couverture mondiale. Actuellement La constellation constituée de 31 satellites opérationnels comme l'illustré la figure 1.1.

Les satellites sont disposés de façon à ce que quatre satellites soient placés dans chacune des six orbites orbitales, ayant tous une inclinaison d'environ 55° sur l'équateur (sauf pour la 1re série affectée d'une inclinaison de 63°). L'orbite des satellites est quasi circulaire,

² Transit est un premier système de navigation par satellite basé sur des mesures Doppler.

³ Capacité opérationnelle initiale.

leur altitude est d'environ 20 200 km pour une période d'environ 11 h 58 min comme l'illustre la figure 1.2.

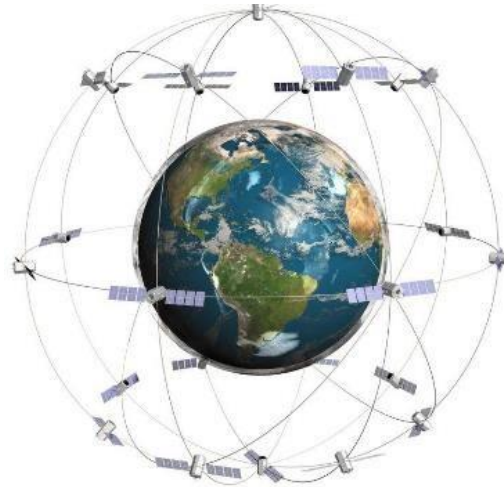


Fig. 1.1 Constellation GPS.

Avec cette géométrie de constellation, quatre à dix satellites GPS seront visibles partout dans le monde, si un angle d'élévation de 15° est considéré. Quatre satellites seulement sont nécessaires pour fournir l'information sur le positionnement ou de la vitesse et l'heure.

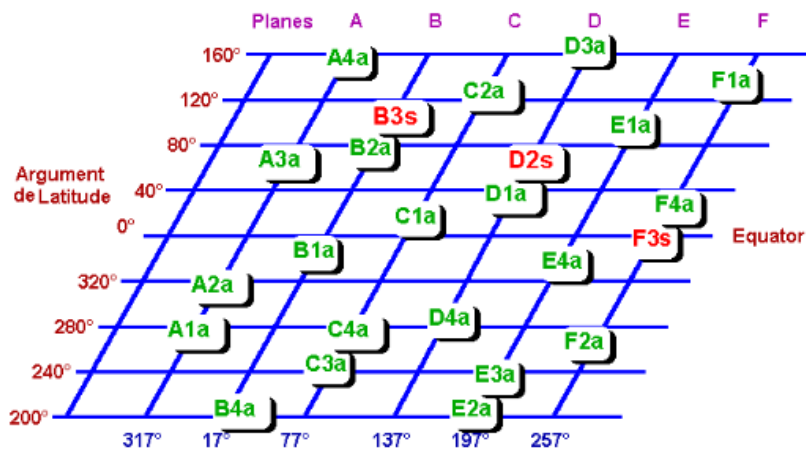


Fig. 1.2 Projection plane de la constellation GPS.

- Caractéristiques de satellites GPS

Chaque satellite est muni d'un émetteur-récepteur, quatre horloges atomiques en corrélation (précision 10^{-13} à 10^{-14} s), d'ordinateurs et d'équipements auxiliaires destinés au fonctionnement du système. L'énergie utile à l'équipement est fournie par 7 m^2 de capteurs solaires tandis qu'un système de fusées d'appoint permet de réajuster de temps en temps la position du satellite sur son orbite et de contrôler son orientation dans l'espace.

1.2.2 Le segment de contrôle

Le segment de contrôle (CS) comprend principalement une station de contrôle principale (MCS) à la Falcon Air Force Base (AFB) à Colorado Springs, aux États-Unis, ainsi que des stations de surveillance (MS) et des antennes au sol (GA) à divers endroits dans le monde. Les stations de surveillance sont situées à Falcon AFB, Hawaii, Kwajalein, Diego Garcia, et Ascension. Toutes les stations de surveillance, sauf Hawaii et Falcon AFB, sont également équipées d'antennes au sol comme l'illustre la figure 1.3.

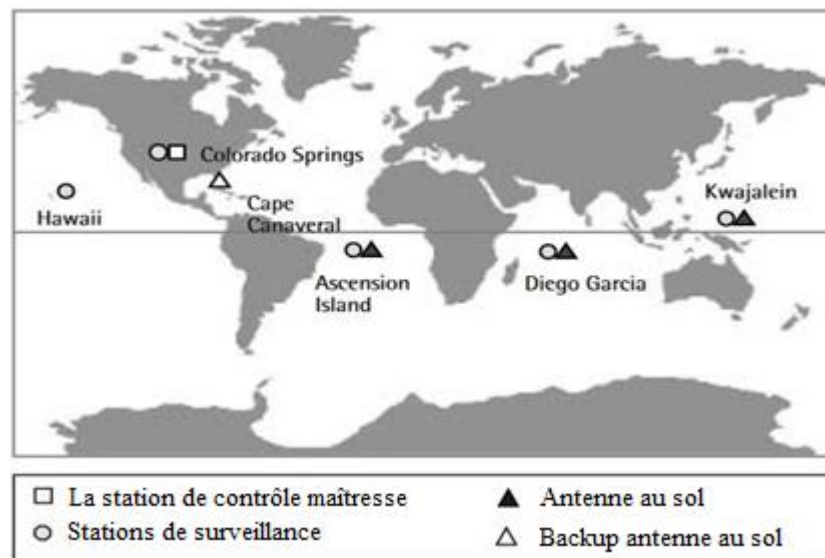


Fig. 1.3 Localisation des segments de contrôle GPS.

Le MCS est l'unité centrale de traitement du segment de contrôle et le responsable de la surveillance et de la gestion de la constellation de satellites. Les fonctions MCS comprennent le contrôle des manœuvres de maintien de la station satellite, la reconfiguration de l'équipement satellite redondant, la mise à jour régulière des messages de navigation transmis par les satellites et diverses autres activités de surveillance et de maintenance de la santé des satellites. Les MC suivent passivement tous les satellites GPS en vue, recueillant les données de distance de chaque satellite. Ces informations sont transmises au MCS où les paramètres d'éphémérides et d'horloge du satellite sont estimés et prédits. Le MCS utilise GA pour télécharger périodiquement les données d'éphémérides et d'horloge vers chaque satellite pour retransmission dans le message de navigation.

Les communications entre le MCS et GA s'effectuent généralement par l'intermédiaire du DSCS⁴. La fonction de mise à jour des messages de navigation est représentée graphiquement à la figure 1.4.

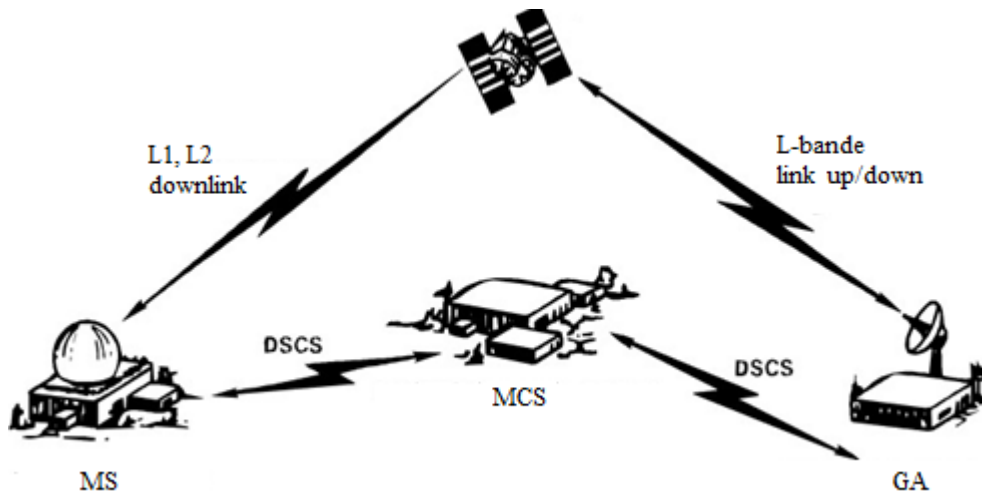


Fig. 1.4 Mise à jour de message de navigation.

1.2.3 Le segment utilisateur

Le segment utilisateur se compose de l'ensemble des récepteurs militaires et civils spécialement conçus pour recevoir, décoder et traiter les signaux satellites GPS. La plupart des GPS modernes sont équipés de récepteurs à canaux parallèles et sont capables de suivre 5 satellites voire plus et de choisir ceux donnant le meilleur signal (rejet éventuel des satellites trop bas sur l'horizon) et de les combiner pour améliorer la précision de la mesure.

Le GPS comprend cinq composants principaux : une antenne, un récepteur, un processeur, un dispositif d'entrée / sortie (E / S) tel qu'une unité d'affichage de contrôle (CDU) et une alimentation. La figure 1.5 présente Les composantes d'une réception GPS.

⁴ Système de télécommunications par satellite de la défense américaine

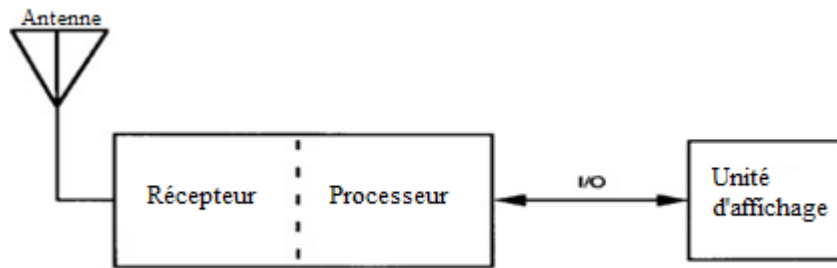


Fig. 1.5 Principaux composants du récepteur GPS.

a. Récepteurs

La diversité des utilisations est assortie par le type de récepteurs disponibles aujourd'hui, on peut classer les récepteurs GPS en quatre groupes : pseudo-fréquences de code C/A qui mesure uniquement les pseudo distances avec le code C/A, c'est le type le moins cher et le moins précis, et il est surtout utilisé à des fins récréatives.

Le récepteur mono fréquence lissé à porteuse mono fréquence, mesure également les pseudo distances avec le code C/A uniquement, ce récepteur c'est amélioration à la précédente pour d'obtenir haute précision.

Le récepteur bi- fréquence c'est le plus sophistiqué et le plus coûteux, il est capable de fournir toutes les composantes du signal GPS sauf le code P.

Le récepteur de code Y ce type donne accès au code P avec A/S invoqué. Ainsi, les plages et les phases de code peuvent être dérivées des signaux L1 et L2 par la technique de corrélation de code P, seuls les utilisateurs autorisés par le DoD ont accès au AOC.

b. Services

Comme indiqué précédemment, le GPS a été conçu à l'origine comme un système militaire, mais il a été mis plus tard à la disposition des civils aussi. Toutefois, pour conserver l'avantage militaire, le DoD offre deux niveaux de services de positionnement et de synchronisation GPS : le service de positionnement précis (PPS) et le service de positionnement standard (SPS).

Le service PPS (Precise positioning Service) c'est le service de positionnement et de chronométrage autonome le plus précis. Il utilise l'un des codes GPS transmis, connu sous le nom de code P(Y), qui n'est accessible que par les utilisateurs autorisés. Afin de limiter l'accès des utilisateurs civils à la pleine précision du système, les protections suivantes ont été mises en place :

S/A ou Disponibilité sélective : dégradation intentionnelle de l'horloge des satellites et manipulation des éphémérides (incertitude dans la position).

A/S ou Anti-Spoofing : il consiste à crypter le code P ce qui donne le code Y, modulé sur les deux porteuses L1 et L2, qu'il ne puisse être utilisé que par des récepteurs autorisés et d'éviter aux adversaires de créer un signal trompeur qui pourrait confondre les destinataires militaires.

Le service SPS (Standard Positioning Service) est moins précis que le PPS. Il utilise le deuxième code transmis GPS, connu sous le nom de code C/A modulé uniquement sur L1, qui est disponible gratuitement pour tous les utilisateurs du monde entier. Le tableau ci-dessous compare entre les deux services.

	Position		Vitesse	date
	Horizontale	Verticale		
PPS	9 m (95%)	50 ft (95%)	0.1 m/s (3D)	197 ns (95%)
SPS	2 à 300 m (95%)	140 m (95%)	0.5 à 2 m/s (non garantie)	337 ns (95%)

TAB. 1.1 : Caractéristiques des services des récepteurs GPS.

1.3 Les applications du GPS :

Le gouvernement des États-Unis a créé le système, l'entretient et le rend librement accessible à quiconque possède un récepteur GPS.

1.3.1 Congestion de circulation routière

Un appareil de navigation dispose d'un récepteur GPRS pour recevoir des informations en temps réel sur ou ralentir la vitesse moyenne sur un tronçon d'autoroute, indiquant une congestion. L'appareil calcule un nouvel itinéraire pour éviter la congestion, en se

basant sur les vitesses historiquement records sur les routes secondaires pesées par la vitesse moyenne actuelle dans la zone de congestion. Les navigateurs apprécient les mesures de vitesse et d'orientation numériques précises. Si certaines routes sont occupées (maintenant ou historiquement) la meilleure route à prendre, l'emplacement des aliments, des banques, des hôtels, du carburant, des aéroports ou d'autres lieux d'intérêt, le chemin le plus court entre les deux emplacements, les différentes options à conduire sur l'autoroute ou les routes secondaires.

1.3.2 Marine

Le GPS offre aux marins la méthode la plus rapide et la plus précise pour se déplacer sur l'eau, pour mesurer la vitesse et pour déterminer leur position. La sécurité et l'efficacité des marins de par le monde s'en trouvent améliorées. Marins et océanographes ont de plus en plus souvent recours aux données GPS pour faire des levés de terrain sous l'eau, placer des bouées, localiser les dangers de la navigation et les cartographier. Les flottes de pêche commerciale se servent du GPS pour se diriger vers les aires les plus favorables, pour suivre les migrations de poissons et pour s'assurer qu'elles respectent la réglementation.

1.3.3 Secours en cas de catastrophe

Le GPS a joué un rôle critique dans les opérations de secours qui ont été organisées à la suite de catastrophes naturelles de par le monde, dont le tsunami qui a frappé des populations de l'océan Indien en 2004, les cyclones Katrina et Rita qui ont ravagé le golfe du Mexique en 2005, et le tremblement de terre qui a secoué la région du Pakistan et de l'Inde en 2005. Les équipes de recherche et sauvetage ont utilisé le GPS, le système d'information géographique (SIG) et la télédétection pour établir la carte des zones sinistrées en vue tant de faciliter les opérations de sauvetage et de distribution des secours que d'évaluer l'ampleur des dégâts. La gestion des incendies de forêt est un autre domaine dans lequel l'intervention des équipes de secours s'avère capitale. L'utilisation conjointe du GPS et des scanners infrarouges permet aux pilotes des avions de délimiter la zone sinistrée et d'identifier les « points chauds », ce qui facilite les efforts visant à contenir et à gérer les feux de forêt.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les notions de base du système GPS et on a exposé les composantes du système, en plus les différents services et types des récepteurs, ensuite on a cité les utilisations de ce système dans divers domaines.

Dans le chapitre suivant nous allons concentrer sur la géolocalisation, leurs techniques, les équipements du GPS et ses protocoles, applications.



Chapitre II

II. Géolocalisation

2.1 Introduction :

La géolocalisation est le processus qui concerne les méthodes et les concepts utilisés pour localiser des objets (utilisateur, appareil, informations, etc.) à la surface de la Terre ou dans l'espace sur la base de coordonnées géographiques.

Le système de géolocalisation implique une infrastructure contenant des capteurs (répéteurs) pour collecter les données nécessaires et un système de référence par rapport à la position de l'objet à localiser et un appareil permettant de traiter les données et d'extraire l'information nécessaire pour déterminer la position.

Ce concept a été introduit pour la première fois en Amérique en 1993 pour les besoins de l'armée américaine.

Les potentialités en matière de géolocalisation se sont énormément développées au cours des dix dernières années, révolutionnant de nombreux aspects. La combinaison de nouvelles technologies telles que les smartphones, les tablettes et le GNSS (Global Navigation Satellite System) a optimisé l'utilisation de la géolocalisation.

2.2 Les Systèmes de géolocalisation

Les grandes techniques utilisées, soient la localisation par satellite et la localisation par réseaux terrestres.

- **Technique de localisation par satellite**

Le GNSS est le nom générique des systèmes de navigation satellitaires fournissant une couverture globale de géo positionnement, c'est un ensemble de composants reposant sur une constellation de satellites permettant de fournir à un utilisateur sa position, sa vitesse et l'heure, etc. Les premiers créateurs d'un tel système sont les militaires américains (GPS) suivis de très près par les Russes (GLONASS) et maintenant avec la mise en place de l'Union Européenne, GALILEO est disponible à partir de 2008.

GLONASS (Global Navigation Satellite System) est un système de radionavigation par satellite exploité pour le compte du gouvernement russe par les forces spatiales russes, a été lancé en 1982. La constellation du système GLONASS est composée de 24 satellites est répartie sur 3 orbites inclinées de 64.8° et situées à 19130 km. Huit satellites GLONASS sont disposés dans chacun des trois plans orbitaux comme l'illustre la figure 2.1. Les orbites du GLONASS sont approximativement circulaires, avec une période orbitale de 11 heures et 15 minutes. Cette répartition permet une réorganisation plus rapide des satellites en cas de panne. La particularité de ce système est que chaque satellite possède sa propre fréquence d'émission, ce qui augmente la résistance au brouillage.

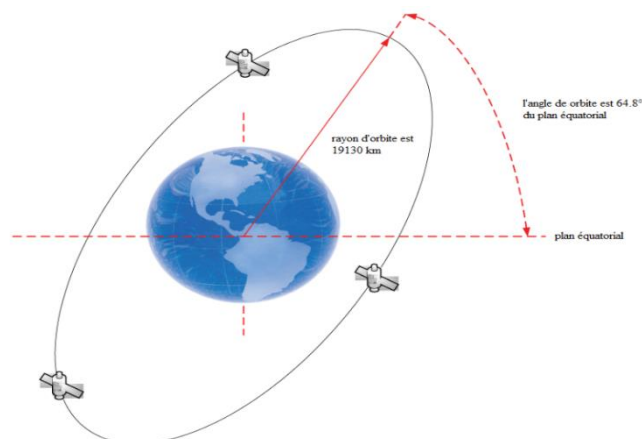


Fig. 2.1 Orbite GLONASS

À la différence du système GPS, les satellites de la constellation GLONASS vus du sol, se retrouvent à la même place dans le ciel après huit jours sidéraux. Le GLONASS comme

GPS est conçu de telle sorte que l'utilisateur effectue des mesures passives de pseudo distances vers trois ou quatre satellites. GLONASS transmet deux types différents de signaux satellites : Standard Precision (SP) et High Precision (HP) dans les bandes L1 et L2.

GALILEO est une initiative liée à l'Union européenne, y compris une entreprise avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et l'industrie européenne, visant à lancer un système mondial de navigation par satellite financé par l'Europe sous contrôle civil, il devrait être mis en service en 2020. La constellation Galileo est composée de 30 satellites en orbite terrestre moyenne (MEO) seulement. Les 30 satellites Galileo seront trois avions orbitaux inclinés à 54° et d'une altitude d'environ 23 000 km et leur période de révolution est égale à 14 h 07 min comme l'illustre la figure 2.2. C'est le système le plus simple à lancer, à exploiter et à entretenir, et il offre une plus grande fiabilité du service opérationnel continu. Il transmet trois types de signaux : E1, E5, E6.

Une technologie très sophistiquée a été intégrée à Galileo, y compris des horloges atomiques de pointe, qui offrent une plus grande stabilité de précision ainsi qu'une faible consommation d'énergie car il s'agit d'un système léger.

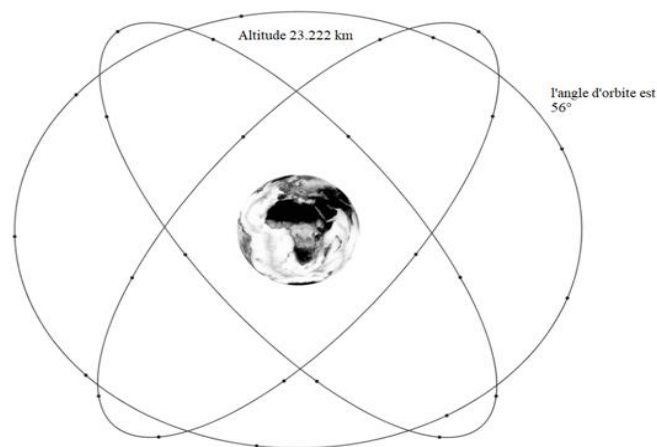


Fig. 2.2 Constellation de Galileo

- **Technique de localisation par réseaux terrestres**

C'est l'ensemble des stations terrestres utiliser réseaux terrestres des, ce dernier fournir des techniques permet à un utilisateur sa position, sa vitesse et l'heure, etc. Le premier système de ce type est le système LORAN C dans les années 1960. Il est basé sur la mesure de la différence de temps d'arriver des ondes provenant de deux stations terrestres différentes,

qu'ils doivent être synchronisés. Dans le cadre de LORAN, il y a une des stations qui sert de référence à toutes les autres (la station maîtresse, les autres stations sont dites esclaves). L'opération de localisation se déroule de la manière suivante : le mobile calcule la différence de temps d'arrivée entre la station maîtresse et une station esclave, ce qui fournit une LOP (ligne de position hyperbolique). Une seconde LOP est obtenue en mesurant une seconde différence de temps entre la station maîtresse et une seconde station esclave. L'intersection de ces deux LOP conduit à la position du mobile. Ensuite on a Le GSM (Global System for Mobile communications), est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il permet de géolocaliser les téléphones portables en utilisant les signaux qu'ils échangent avec les antennes relais servant à la communication. Pour localiser un appareil GSM, les antennes avoisinantes relèvent la puissance des signaux envoyés par cet appareil. Un ordinateur traite alors ces données afin de déterminer les distances séparant l'appareil GSM aux antennes recevant ses signaux. Ces distances permettant alors d'estimer par trilatération la position du GSM. La précision obtenue par cette technique est de l'ordre de 10 à 50 mètres, selon la densité d'antennes, et comme amélioration à la technique précédente on trouve GPRS (General Packet Radio Service) qui prend en charge les services de données à commutation par paquets telle que le courrier électronique et le navigateur Web, en plus des services de données GSM existants tels que le service de messages courts (SMS) et les données à commutation de circuits (CSD) pour transmission par fax. Le GPRS fonctionne sur l'infrastructure de réseau GSM existante qui utilise les créneaux horaires disponibles pendant chaque transmission de trame. Ainsi, il ne surcharge pas le trafic du réseau GSM existant et peut fournir efficacement des services de données. Le GPRS peut transférer des données à la vitesse maximale de 115,2 kbps (avec les huit emplacements disponibles pour chaque trame). En raison d'une très large zone de couverture des réseaux GSM dans le monde, le GPRS devient le plus grand réseau de services de données disponible et toujours actif.

2.3 Equipements


Les récepteurs GNSS peuvent être classés selon leur type de différentes façons et selon différents critères. Outre les récepteurs de qualité professionnelle (par exemple, les récepteurs d'arpentage et de précision), les appareils de navigation portables (PND) commerciaux sont aujourd'hui très répandus à l'intérieur des véhicules, et les smartphones

semblent de plus en plus équipés de récepteurs GNSS intégrés. Ces récepteurs sont implémentés sur une grande variété de plates-formes, des ASIC, DSP ou FPGA aux microprocesseurs à usage général. Le choix de la plate-forme cible est souvent un compromis entre des paramètres tels que les performances du récepteur, les coûts de fabrication et de maintenance, l'extensibilité, la consommation électrique et l'autonomie.

On concentre sur les deux grandes types grandes suivantes : récepteurs commercialisés (grand public) et récepteurs professionnels (haute précision). Les récepteurs commercialisés dans le domaine civil utilisent en mono-fréquence uniquement et le code C/A¹ pour le GPS et Glonass, il faut indiquer que ce code n'applique que sur le bande L1. Quelques récepteurs pour des applications de haute précision, comme la géodésie, l'arpentage mettent en œuvre des techniques permettant d'utiliser le code P² malgré son chiffrement en code Y seulement pour le GPS et Glonass et en mono-fréquence ou bi-fréquence. Dans le tableau suivant, on va fournir une comparaison des spécifications techniques les plus importantes des trois récepteurs GNSS. On compare les produits de trois fabricants d'équipement d'arpentage les plus réputés : Leica, Trimble et Topcon. L'aspect principal de cette comparaison portera sur les données techniques et les spécifications de ces instruments.



¹ Un signal constitué des codes pseudo-aléatoires pour l'utilisation civile.

² Un signal constitué des codes pseudo-aléatoires pour l'utilisation militaire et Y c'est le chiffrement de ce signal.

Récepteur	Leica viva GS16	Trimble R8s	Topcon GR-5
Nombre de Channel	555	440	226
précision RTK (H)	8 mm + 1 ppm	8 mm + 1 ppm	5 mm + 0.5 ppm
Précision RTK(V)	15 mm + 1 ppm	15 mm + 1 ppm	10 mm + 0.8 ppm
précision statique(H)	3 mm + 1 ppm	3 mm + 1 ppm	3 mm + 1 ppm
précision statique(V)	3.5 mm + 0.4 ppm	3.5 mm + 0.4 ppm	3.5 mm + 0.8 ppm
mémoire Stockage de données	carte SD	58 MB interne + carte SD 56 Mo d'environ 1,4 Mo/j	carte SD
Technologies	GNSS à auto-apprentissage	Technologie de suivi Trimble 360	technologie de canal Universal Tracking
Système GNSS supportée	GPS (L1, L2), Glonass (L1, L2), Galileo (E1, E5, E6)	GPS (L1, L2), Glonass (L1, L2), Galileo (E1, E5)	GPS (L1, L2), Glonass (L1, L2), Galileo (E1, E5)
Performances RTK	DGPS, RTCM	RTCM	RTCM 2.x, 3.x
Taux de mise à jour de la position	5 Hz/ 20 Hz	1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz et 20 Hz	1 Hz/ 50 Hz
Ports de communication	1 port USB et 1 port Série	1 port USB et 2 port Série	1 port USB et 1 port Série
Protocole de communication	NMEA 0183 Leica proprietaries	NMEA 0183 Trimble proprietaries	NMEA 0183 Topcon proprietaries
Liaisons de données intégrées	Modem téléphonique 3.75G. Modem radio 403 – 470 MHz et puissance de sortie 1 W et 28800 b/s sur l'air. GSM / CDMA.	Modem radio E/R3 large bande 450 MHz et puissance de sortie 0.5 W. Portée : type 3 à 5 km optimale 10 km. Modem GSM/ GPRS/ EDGE/UMTS/HSPA+.	Modem radio UHF 2.5KHz/20KHz/25KHz et puissance de sortie 1 W et 19200 b/s (25k Hz), 9600 b/s (12.5 kHz). GSM / CDMA.
Liaisons de données externes	GSM / GPRS / UMTS / CDMA/UHF / VHF.	UMTS/HSPA+ GSM/CSD et GPRS / EDGE.	GSM/GPRS/ HSPA /CDMA/UHF/FH915.
Image			

TAB. 2.1 : Comparaison entre trois récepteurs de type professionnelle.

Maintenant dans ce tableau, on va fournir une comparaison des spécifications techniques des deux modules GSM/GPRS très connus et utilisés dans les récepteurs commercialisés. On compare les produits de deux fabricants : SimCom et Telit.

module de récepteur	SIM800	GE910-QUAD V3
Réseaux de soutien	Quadri-bande	Quadri-bande
Fréquence	850/900/1800/1900 MHZ	850/900/1800/1900 MHZ
Type	GSM/GPRS Module sans fil, technologie 2G Carte embarquée	GSM/GPRS Module sans fil, technologie 2G Carte embarquée
Class de GPRS	GPRS multi-slot Class 12	GPRS multi-slot Class 10
Connectivité	max. 85.6kbps (download/ upload). CSD up to 14.4 kbps	CSD up to 9.6 kbps
GPRS station mobile	Classe B	Classe B
Domaine d'application	Les projets basés GSM Les projets de GPS à base Les projets de robotique 8051 projets basés / AVR / ARM / PIC / Arduino / Framboise-pi. D'application du temps rapide.	Les projets basés GSM / GPRS tels que la télémétrie, la télématique, les terminaux de paiement, les panneaux d'alarme de sécurité et d'autres domaines d'application favorables à la faible vitesse.
Spécifications de SMS	Point à point MO et MT Diffusion cellulaire SMS Texte et le Mode PDU	Diffusion cellulaire SMS Voix
Mode de contrôle	Commandes AT	Commandes AT
Image		

TAB. 2.2 : Exemples de récepteurs commercialisés embarqués.

2.4 Les protocoles

Le protocole de données dicte quelles informations peuvent être transmises d'une partie à une autre lors des communications et un choix incorrect des protocoles peut entraîner un manque d'informations nécessaires. Cela affecte également la qualité des communications, c'est-à-dire si elles peuvent être acheminées correctement dans les délais requis.

2.4.1 Protocoles d'échanges de fichiers

RINEX (Receiver Independent Exchange format) est un format d'échange de données pour les données brutes du système de navigation par satellites. Il a été développé par l'Institut d'astronomie de l'Université de Berne pour l'échange de données GPS dans un format de fichier ASCII pour des applications scientifiques et géodésiques. Il y a trois grandes versions ont été mises au point : RINEX Version 1 RINEX Version 2 ajoutant principalement la possibilité d'inclure les données de suivi de différents systèmes satellites (GLONASS, etc.) c'est le plus commun et RINEX Version 3. La plupart des récepteurs GNSS de qualité professionnelle prennent en charge RINEX en fournissant des utilitaires de conversion de leur format binaire natif vers RINEX. Généralement, les données horaires ou quotidiennes sont archivées au format de fichier RINEX et disponibles depuis un serveur FTP (File Transfer Protocol) pour téléchargement.

2.4.2 Protocole de transmission

Il existe deux types de protocoles pour la transmission en temps réel : Protocoles spécifiques au fabricant et Protocoles ouverts.

- Protocoles spécifiques au fabricant

La plupart des fabricants ont leurs propres protocoles de transmission de données, dans certains cas, un fabricant peut spécifier plus d'un protocole pour différents usages ou types de récepteurs. Les types d'informations qu'ils peuvent transmettre varient considérablement et sont adaptés aux capacités et aux exigences de leur matériel, ces protocoles sont normalement formatés en binaire et sont donc assez efficaces dans l'utilisation de la bande passante. Parce que le matériel, les logiciels et les protocoles de communication sont tous conçus par une seule partie, leurs caractéristiques sont bien

protocole de données binaires. Les normes RTCM pour les services de navigation globale par satellites différentielles sont des protocoles de communication entre stations base ou à un réseau GNSS et récepteurs mobiles qui permettent un positionnement très précis avec système de positionnement sans augmentation. La version 3 de RTCM, également connue sous le nom de RTCM 10403.1, prend en charge la diffusion d'informations de réseau cinématique en temps réel.

NTRIP signifie « Transport en réseau pour RTCM via Internet Protocol » a été défini par le Comité spécial RTCM 104 et été développé par BKG⁴. Il est basé sur le protocole de transfert hypertexte version 1.1 et vise à diffuser les données de correction différentielle via Internet. La version 1.0 utilise le protocole TCP/IP⁵ pour obtenir une livraison fiable des flux d'octets. En outre, la version 2.0 peut utiliser le protocole UDP/IP⁶ en plus du protocole TCP / IP.

Les utilisateurs peuvent connecter simultanément à un hôte de diffusion par l'entremise d'un PC, ordinateur portable, PDA ou récepteur. Le NTRIP fonctionne avec l'accès Internet sans fil via des réseaux IP mobiles tels que GSM, GPRS, etc.

2.5 Application

Il y a nombreux d'applications qui fournissent différents services, cartographie, traçage, communication, etc. On situe les suivantes :

2.5.1 Cartographie

Le développement de la science de cartographie de façon spectaculaire, surtout après l'introduction de la technique GPS qui a contribué à l'amélioration de la qualité des cartes numériques, parmi les applications les plus utilisées, on concentre sur les suivantes : Google Maps et TomTom.

- Google Maps

⁴ L'agence fédérale allemande de cartographie et de géodésie.

⁵ Transmission Control Protocol/ Internet Protocol.

⁶ User Datagram Protocol/ Internet Protocol.

Pour la carte géologique de base, Google s'appuie sur son programme Map Partner, qui recueille des informations auprès d'une série d'organisations crédibles, telles que l'US, le Forest Service, les conseils municipaux et d'État,



etc., et les utilisant pour construire des autoroutes massives ou des voies éloignées et les assembler dans l'image numérique complète que s'appelle Google Maps. En plus Google utilise des véhicules 24 /24 h pour patrouiller chaque rue, quartier. Les images ainsi obtenues sont ensuite tracées sur la carte de base à l'aide de coordonnées GPS, pour aboutir au résultat final qui est Google Street View. La vue satellite disponible via Google Maps est créée en collaboration avec Google Earth, en fonction des images de satellites tiers à assembler dans le système central afin de fournir des photographies haute résolution. Google Earth est un logiciel gratuit très populaire qui fournit des cartes par images satellites dans le monde entier, il fournit des plug-ins pour que la communauté puisse afficher des objets dans le programme, par exemple des objets 3D de gratte-ciel, Google Earth utilise son propre langage de programmation appelé KML qui est un langage de balisage extensible (XML) qui est écrit pour décrire comment les objets sont rendus. Les objets basés sur KML peuvent également être utilisés avec Google Map pour afficher les objets en ligne et en épingle.

- TomTom

Les cartes TomTom sont construites en couches contenant différents types



d'informations. En commençant par la couche de base, des millions de nœuds sont placés les uns à côté des autres contenant les coordonnées GPS de tous les points uniques de la zone couverte. Une couche suivante de lignes est ensuite tracée au-dessus de celles-ci représentant les routes, les rivières, les voies ferrées et d'autres caractéristiques géographiques. Ensuite, des valeurs d'attributs fournissant des classifications détaillées de chaque élément individuel sont assignées, y compris les noms des routes, les numéros, etc. en plus des informations complexes comme le virage, la vitesse et les restrictions du véhicule. Un point d'intérêt ou une couche de services contenant par exemple des écoles et des hôpitaux sont ensuite construits sur cette couche, suivis par les vitesses réelles mesurées fournies par les routes IQ et enfin les services TomTom HD Live Traffic. Les données initiales recueillies proviennent d'images satellite, des autorités locales et des effectifs de l'enquête de terrain mobile, ainsi que des données géo-référencées des camionnettes de cartographie mobiles TomTom, toutes contribuant de construire les cartes, ainsi que la technologie MapShare qui fournissent des informations sur les modifications du monde réel. Au centre de cartographie, toutes ces informations sont

intégrées au programme Cartopia développé en interne, offrant une vue d'ensemble réaliste de l'environnement.

- Comparaison entre Google Maps et TomTom

Ce tableau conclure les différences entre les deux applications

	Google	TomTom
Types de cartes	Carte avec données sur le trafic (Vue séparée sur les transports en commun et sur les vélos). Pas d'indications des informations des routières Satellite avec données de trafic. hybride	Carte avec données sur le trafic avec qualité du guidage (Indiquer les informations des routières exemple : zones de danger, les limitations de vitesse) (2D et 3D) Satellite hybride
Gratuit	Oui	No
Couverture	tous les pays	169 pays, comme exemple la couverture en Algérie est 60%
Langage support	54 langage (support arabe)	18 langages (ne supporte pas l'arabe)
Consommation de bande passante	élevée	faible
Stabilité de performance	élevée	élevée
Mis à jour	En continu	Chaque 60 s
Performance	Consommation de la batterie élevée d'environ 10,5%. Consommation de mémoire moyenne. Consommation de CPU élevée d'environ 17%.	Consommation de la batterie faible. Consommation de mémoire moyenne. Consommation de CPU faible.
besoin de connexion	Nécessaire cause du mis à jour ,mais peut fonctionne en mode hors ligne mais pas accès au trafic ni à d'autres informations routières en temps réel, les cyclistes, etc.	Pas nécessaire (fonctionne en mode en hors ligne), sauf dans un environnement où les réseaux routiers changent rapidement.

TAB. 2.3 : Comparaison entre Google Maps et TomTom.

2.5.2 Traçage

Le traçage c'est une technique de géolocalisation permet de suivre les traces en le déplacement. Ces deux applications ont été choisies en raison de leurs scripts de protection

de la vie privée différents, mais aussi parce qu'elles représentent des catégories différentes de services géo dépendants.

- Glympse

Est un service de suivi de localisation qui permet aux utilisateurs de laisser une, plusieurs ou un grand groupe de personnes suivre leurs déplacements pendant une période de temps définie. L'utilisateur sélectionne les numéros ou les adresses électroniques de personnes à qui il souhaite connaître sa position, ainsi que le temps pendant lequel l'application enverra sa position (indéfiniment est également une option possible), la vitesse et la distance entre utilisateur et un but. Le plus est représenté par le fait que les utilisateurs n'ont pas besoin de s'inscrire pour partager ces informations et la route peut être visionnée sur n'importe quel navigateur Web en visitant le lien reçu par courrier électronique.



- Foursquare

Est un site Web de réseau social basé sur la localisation pour les appareils mobiles, permettant aux utilisateurs de partager leur emplacement avec un grand réseau d'amis. En s'inscrivant, les utilisateurs peuvent collecter des points ou des badges, déverrouiller des offres locales et lire ou laisser des astuces sur une variété d'emplacements. Les utilisateurs « s'enregistrent » sur les sites en sélectionnant un lieu dans une liste de sites à proximité, L'emplacement est basé sur le matériel GPS de l'appareil mobile ou de l'emplacement réseau.



- Détection de location et le traçage

les fournisseurs de localisation peuvent utiliser diverses techniques pour déterminer l'emplacement de l'appareil, notamment Bluetooth (utilisations pour les appareils voisins), Wi-Fi (points d'accès sans fil), cellule et techniques par satellite et les techniques peuvent utiliser les informations de proximité comme la localisation d'un appareil unique où peut utiliser la triangulation en fonction de l'emplacement de plusieurs dispositifs, tous ces techniques sont utilisés par les deux applications. Par exemple dans le cas de Foursquare utilise sa propre technique propriétaire Pilgrim, pour détecter l'emplacement d'un utilisateur. Il est en mesure de comprendre la position en comparant les données d'enregistrement historiques avec le signal GPS, la triangulation de la tour cellulaire, la force du signal cellulaire et les signaux Wi-Fi environnants. En plus que ça, les applications utilisent la technique de géo-barrière cette

technique permet à une application de définir des régions de surveillance en spécifiant un emplacement et un rayon autour de cet emplacement.

- Comparaison entre Glympse et Foursquare

Ce tableau conclure les différences entre les deux applications

	Glympse	Foursquare
Paramétré de confidentialité par défauts	L'utilisateur contrôle automatiquement avec qui l'emplacement est partagé (une personne, plusieurs personnes) pour combien de temps et jusqu'à quelle destination. De possibilités de configuration élaborées.	Les utilisateurs ont le contrôle sur un nombre assez réduit de paramètres de confidentialité. Les paramètres par défaut de toutes les données personnelles prédéfinies comme publiques. Pas de possibilités de configuration élaborées.
Politique de confidentialité	similaires	Un peu plus transparente. Plus simple et plus concise les principaux sujets. un ensemble de FAQ.
Gratuit s'inscrire	Oui N'ont pas besoin de s'inscrire Si l'utilisateur s'inscrire peut utiliser compte de Facebook ou Twitter. Pas de besoin à détails des informations personnelles.	No Besoin de s'inscrire et peut utiliser compte de Facebook ou Twitter. besoin de nombreuses informations personnelles.
Visibilité (sharing)	Facebook, twitter N'a pas la capacité d'envoyer des alertes basées sur des événements.	Facebook, twitter Peut envoyer des alertes basées sur des événements.
Traçage	Oui GPS, Réseaux cellulaire et la force du signal cellulaire et les signaux Wi-Fi.	Oui GPS, Réseaux cellulaire. Wi-Fi.
performance	Consommation de batterie est élevé. Consommation de mémoire est élevé. Consommation du GPU est moyenne.	Consommation de batterie et GPU sont moyenne. Consommation de mémoire est élevé.
Mis à jour	Toutes les 5-10 secondes.	Périodique la mise à jour pas toujours gratuit.
Partage	En temps réel. Permet de partager l'emplacement de l'utilisateur avec quelqu'un même si n'a pas de téléphone.	Permet de partager l'emplacement de l'utilisateur avec les amis seulement.

TAB. 2.4 : Comparaison entre Glympse et Foursquare.

2.5.3 Communication

Les applications des communications permettent de sauvegarder le traçage d'un objet et transmettent leurs données d'emplacement en temps réel. Pour ces applications, on a choisi ces deux à cause de leur popularité et utilisation : MSpy et EwayFleet.

- MSpy

Est une application de contrôle pour les smartphones qui permettent aux utilisateurs de surveiller les messages texte, les appels, la position GPS actuelle à travers le technique de géo-barrière, Snapchat, WhatsApp et bien plus. Les données collectées sont automatiquement téléchargées et stockées sur les serveurs sécurisés de MSpy et sont accessibles via le panneau de configuration MSpy. Ce logiciel garde l'historique des déplacements et peut générer des rapports. Pour commencer à utiliser MSpy, il faut vérifier la compatibilité de l'appareil que surveiller, choisir le plan d'abonnement et procéder à l'achat. Après cela, l'utilisateur recevra un e-mail et le mot de passe à panneau de contrôle personnel où trouvera également les instructions d'installation. Fondamentalement, on a besoin d'un accès physique autorisé complet à l'appareil cible.



- EwayFleet

C'est un logiciel full web, accessible depuis n'importe quel appareil connecté à Internet. Il est dédié à la gestion de flotte de véhicules, d'engins de construction, au suivi des lots d'équipements. Il prend en charge les traceurs GPS avancés qui peuvent passer automatiquement du mode GSM dans la zone couverte au mode de communication par satellite dans la zone non couverte. Ce logiciel améliore également la performance et la réactivité des équipes techniques en charge des interventions sur site. Grâce aux informations transmises par le GPS Tracker, le logiciel permettra de visualiser automatiquement à tout moment sur une carte l'endroit où il se trouve c.-à-d. quand le GPS reçoit la position grâce aux satellites, ces informations sont transmises directement au serveur Ewaycom où ces données sont traitées et mises à la disposition des abonnés. Grâce à un e-mail et le mot de passe, les clients peuvent se connecter pour localiser et suivre les véhicules et plus généralement leurs propriétés.



- Comparaison entre EwayFleet et MSpy

Ce tableau conclure les différences entre les deux applications

	EwayFleet	M\$py
fonctionnalités	Suivi en temps réel (tracer les véhicules) Gestion de l'historique du parcours Gérer les rapports Gestion des alarmes (ex. Alarme de vitesse, alarme de sortie de zone, etc.)	Surveillance de SMS, WhatsApp, Android, etc. Contrôle à distance de l'appareil (ex. effacement et blocage, etc.) Surveillance de position GPS Suivi de Line. Gestion de l'historique du parcours. Gérer des notifications et les alertes. Gérer les rapports.
Cout	9,50 euros h/mois	69.99 dollar par mois
sécurité	Système de login et mot de passe.	Utilise cryptosystème basé sur le chiffrement asymétrique RSA de clé avec une taille 4096 bits et le chiffrement AES avec une taille 256 bits.
Convivialité	Intuitif et facile à utiliser	facile à utiliser
performance	Consommara de la batterie faible.	Consommation de batterie dépend à la fréquence de mise à jour.
Mis à jour	Périodique	Chaque 10 min/ une fois/H /une fois par demi-heure est une fréquence suffisante.
Caché	Oui	Oui
système d'exploitation supportée	Android iOS. Mac Windows	Tous les systèmes.

TAB. 2.5 : Comparaison entre EwayFleet et M\$py.

2.5.4 Recherche de satellite

Les recherches de satellite sont une multifonctionnelles basées sur GPS qui aide les utilisateurs à capter les signaux du satellite et il fournit l'azimut précis, l'élévation, la polarisation, et la portée par rapport à la position, fournit également une liste de tous les satellites disponibles avec une grande capacité de précision. Pour les applications des recherches de satellite, on a choisi ces deux à cause de leurs spécifications sont : SatFinder et SatelliteCheck.

- SatFinder

Est une solution intelligente, permet à n'importe quel utilisateur, en extérieur, de choisir l'emplacement l'antenne parabolique vers tout satellite couvrant cette région à travers l'application. Ce système consiste en un contrôleur de position de l'antenne parabolique de moteurs pas à pas, de capteurs de position et d'un microprocesseur, connectés à l'application mobile SatFinder via Bluetooth à partir de laquelle le contrôleur prend l'entrée de l'utilisateur, qui est le satellite souhaité. Le contrôleur analyse la position du système à l'aide d'un capteur GPS et guide l'antenne parabolique selon des angles d'azimut et d'élévation calculés à l'aide d'une formule mathématique associant la position GPS au degré de satellite souhaité. C'est une solution optimale en tant que système de liaison descendante satellite portable en termes de fiabilité, de maintenance et finalement de coût.

- SatelliteCheck

C'est une application qui aide l'utilisateur à rechercher un satellite et à donner toutes les informations transmises par les satellites GPS disponibles. Outre les coordonnées, vous obtenez la force du signal satellite, le nombre de satellites, la localisation de satellites de manière dynamique à partir d'azimut et d'altitude, l'heure de satellite et plus. Incluent des fonctions basées sur l'heure et les coordonnées du satellite pour déterminer le lever et le coucher du soleil et un géocoder inverser pour obtenir une adresse approximative.

- Comparaison entre SatFinder et SatelliteCheck

Ce tableau conclure les différences entre les deux applications

	SatFinder	SatelliteCheck
fonctionnalités	Recherche des satellites à partir de type d'antenne, nom, countries. Régler l'antenne, une antenne offset, régler l'azimut et l'élévation séparément et pour les antennes plates et paraboliques, le réglage de l'angle est effectué simultanément. FineTuning c.à.d. effectuer un transfert vidéo sans fil. Vérifier les obstacles. calibrage automatique du capteur à l'aide des algorithmes d'étalonnage intelligent pour les capteurs de champ magnétique.	Recherche des satellites à partir de nom de GNSS ou de countries. Positions et nombres des satellites. Gérer des graphes simples des satellites. La force du signal du satellite Les heures de lever et de coucher du soleil en utilisant les coordonnées et l'heure satellite.
Cout	paiement	Gratuit
Langage	20 langue.	6 langue.
Convivialité	Intuitif et facile à utiliser	Simple et facile à utiliser
performance	Consommation de la batterie élevée. Consommation de mémoire moyenne.	Consommation de batterie moyenne. Consommation de mémoire faible.
Mis à jour	Périodique.	Périodique.
Type d'antenne supportée	antenne offset, antenne parabolique, antenne plate.	antenne parabolique.
système d'exploitation supportée	iPhone et l'iPad.	Android OS 4.4+.

TAB. 2.6 : Comparaison entre SatFinder et SatelliteCheck.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les techniques de géolocalisation et on a exposé les équipements du système GNSS et on a donné une comparaison qui découvrir les types des récepteurs, ensuite on a détaillé les protocoles et ensuite les applications la plus utilisée dans différents domaines.

Dans le chapitre suivant nous allons concentrer sur le principe de fonctionnement du GPS et sur le domaine des cartes numériques.



Chapitre III

III. Aspect pratique

3.1 Introduction :

Depuis le milieu des années 1990, lorsque le Géoscope¹ (LM Soft) a utilisé les données observations issues des travaux de la NASA pour croiser des données de nature différente sur la même carte, la carte numérique a trouvé sa place dans les différentes applications (navigation maritime et aérienne, météorologie, etc.). Initialement, il s'agissait de cartes en mode raster et jusqu'au début des années 2000 avec le développement des cartes en mode vectrice. Dès lors, diverses entreprises se sont orientées vers la constitution de systèmes d'information géographiques (SIG) qui utilise les données géographiques pour construire une carte.

3.2 Structure et conception de cartes

3.2.1 Données et représentation

Il y a deux types de structure de données en cartographie. Tout d'abord, on a des structures pour stocker strictement les données de localisation de la carte, avec peut-être toutes les données topologiques ou autres nécessaires pour produire la carte. De plus, on

¹ Géoscope est la contribution du Canada à l'année internationale de l'espace.

a des structures de données d'attributs, qui codent les attributs associés aux objets cartographiques, plus l'indexation nécessaire pour supporter les fonctions d'interrogation et de récupération sur les objets, ces deux types de stockage sont : les données raster et la donnée vectrice. Des structures de données raster et vectrice ont été proposées comme réponse pour structurer les données géographiques. Utiliser l'un ou l'autre signifie toutefois accepter les inconvénients inhérents à l'un ou l'autre des systèmes. De nombreux systèmes de cartographie informatiques et SIG récents ont résolu ce problème en prenant en charge les deux structures et en permettant à l'utilisateur de passer d'une structure à l'autre selon les besoins.

3.2.2 Modélisation

a. Données raster

Technique de raster (maillé ou matriciel) correspond des images (satellites, ariens, etc.) ou phénomènes (température, altitude) qui représenté par une grille, considérée comme une matrice telle que chaque élément correspond à une cellule et porte un code indiquant sa valeur. Dans la représentation matricielle, chaque point d'une carte est correspondant à un pixel, est codé avec une valeur à couleur (photographies ou scan) ou énergie radiométrique (par ex. longueur d'onde captée par un satellite), la précision de la représentation dépend de la taille du pixel, donc il est essentiel de prendre une taille de pixel plus petite que la largeur de ligne minimale. En conséquence, la précision de la représentation est inversement proportionnelle à la taille des pixels comme l'illustré la figure 3.1.

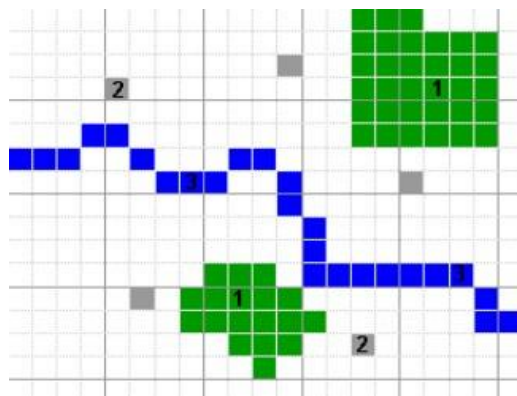


Fig. 3.1 La représentation en mode raster.

b. Données vectrices

La technique vectrice classe les caractéristiques de la carte en trois catégories : les caractéristiques ponctuelles, les caractéristiques de ligne et les caractéristiques de surface. Les caractéristiques ponctuelles sont relativement petites en raison de l'échelle et elles ne

sont représentées que par un point. Encore une fois à cause de l'échelle, les formes géométriques de certains éléments peuvent nécessiter d'être représentées par des lignes. Par exemple les routes, les rivières, etc. Lorsque le point mémorisé correspond au centre géométrique d'une caractéristique ponctuelle, la ligne mémorisée correspond à la ligne centrale (ligne centrale de route.) pour une caractéristique linéaire.

Toutes les autres caractéristiques qui ne sont pas si petites pour être représentées par des traits ponctuels ou pas si minces pour être représentées par des traits sont considérées comme des caractéristiques de surface (ex. polygone).

Chaque objet graphique (point, ligne, polygone) représente dans une propre couche, sont ne jamais mélangés dans une même couche et chaque objet possède des informations descriptives stockées dans une table nommée le tableau attributaire comme l'illustré la figure 3.2

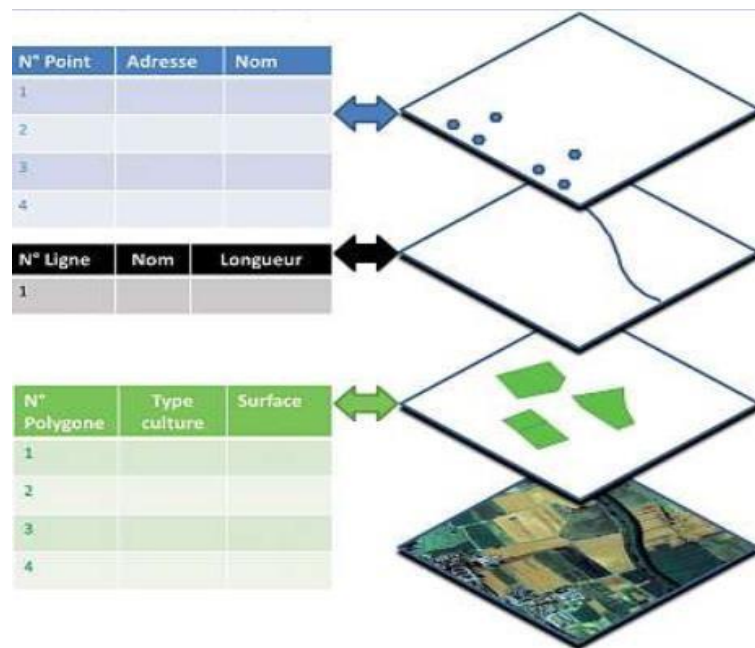


Fig. 3.2 La représentation en mode vectrice.

Le tableau ci-dessous montre les avantages et les inconvénients de chaque technique.

	Avantages	Inconvénients
Technique raster	Simple et plus efficace avec les opérations analytiques comme statistiques d'autocorrélation, l'interpolation et le filtrage. Les périphériques matriciels s'améliorent régulièrement et le coût des cartes mémoire graphiques qui prennent en charge l'affichage en mode matriciel est en baisse.	Le volume de données requises. Les grilles intègrent beaucoup de redondance, ce qui permet d'avoir un volume de données beaucoup plus important. Il est inefficace pour les données extrêmement variables(ex. la topographie).
Technique vectrice	Les cartes des systèmes cartographiques vectoriels sont capables d'une résolution et d'une précision supérieures et peuvent également représenter des lignes très complexes avec un minimum d'informations. Le mode vectoriel peut réduire la redondance.	Les structures de données sont complexes et sont moins intuitivement comprises par les utilisateurs de données cartographiques. C'est une technique très exigeante en calcul, spécialement en la superposition, qui est un problème géographique classique. Coûteux par rapport à la raster.

TAB. 3.1 Comparaison entre les deux modes de modélisation de la carte numérique.

3.2.3 Cartes routières

C'est la représentation vectorielle numérique qui effectuée par le SIG ou d'autres logiciels C.O.A qui fournissent ce qu'on appelle une base de données de route, ces bases de données sont conçus pour la navigation routière.

Dans ces cartes, les représentations des routes sont faites par des lignes centrales et les points d'intersection ou extrémités par des carrées et pour les points intermédiaires où des passages représentés par des ronds, ces points utilisés aussi pour représenter les routes courbes, pour mieux représentation de ce type de route doivent augmenter les nombres de ces points.

En plus de la topologie et de la géométrie du réseau routier, les cartes numériques contiennent d'autres informations telles que classes des routes, type de routes, sens de circulation, nom des rues, points d'intérêt (hôpital, hôtel, etc.).

3.3 Localisation 2D

3.3.1 Conversion de données

Pour se localiser sur la terre, il est important d'utiliser un système géodésique pour les représentations des coordonnées géographiques, dans ce système, les coordonnées d'un point sont identifiées par λ , φ et h comme l'illustre la figure 3.3.

Les coordonnées géodésiques (λ, φ, h) peuvent être facilement transformées en coordonnées cartésiennes (x, y, z) . Pour ce faire, les paramètres ellipsoïdaux (λ, φ) doivent être connus. La projection cartographique est définie comme la transformation des coordonnées géodésiques (λ, φ, h) obtenues à partir du GPS qui utilise le system WGS84², en coordonnées de grille rectangulaires c.-à-d. la carte comme l'illustre la figure 4.3. Malheureusement, à cause de la différence entre la forme ellipsoïdale de la Terre et la surface de projection plate, les éléments projetés souffrent de distorsion. Dans la plupart des applications GPS, on utilise la projection conforme de la carte, c'est-à-dire que les angles à la surface de l'ellipsoïde sont préservés après avoir été projetés sur la surface de projection plane (c.-à-d. la carte). Cependant, les zones et les écailles sont déformées, c'est-à-dire que les zones sont soit écrasées, soit étirées.

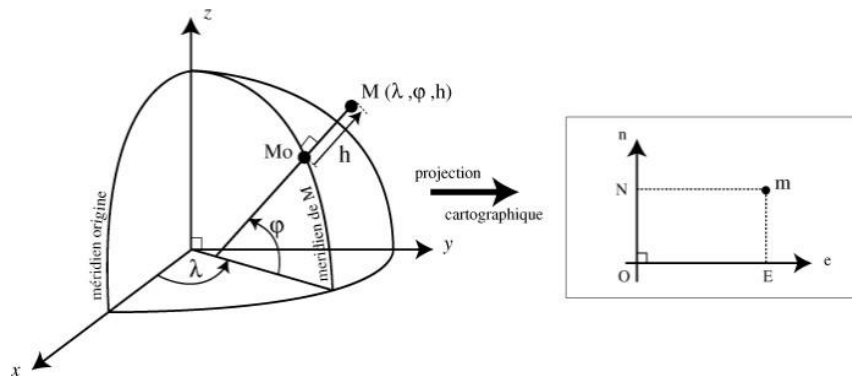


Fig. 3.3 Conversion des coordonnées géographiques sur l'ellipsoïde géocentrique aux coordonnées planes en projection cartographique.

² World Geodetic System 1984 c'est une norme pour la cartographie, la géodésie et la navigation par satellite, y compris le GPS. Cette norme comprend la définition des constantes fondamentales et dérivées des systèmes de coordonnées, le modèle gravitationnel de la Terre (EGM) ellipsoïdal (normal), une description du modèle magnétique mondial (WMM) associé et une liste actuelle des transformations locales des données.

Les projections cartographiques conformes les plus populaires sont les projections transversales de Mercator, les projections transversales universelles de Mercator (UTM) et les projections coniques conformes de Lambert. Il est à noter que non seulement le type de projection doit accompagner les coordonnées de grille d'un point, mais aussi le système de référence, car les coordonnées géodésiques d'un point donné varient d'un système de référence à un autre.

3.3.2 Méthodes de localisation

La méthode de localisation c'est une les techniques ou les algorithmes qui utilisée pour déterminer le positionnement par rapport à l'infrastructure, qu'il est nécessaire d'avoir recours à un traitement de localisation sur la carte. Pour les méthodes de localisation, on a mentionné les plus importantes à partir des méthodes classiques aux méthodes modernes.

a) Méthodes de localisation géométriques

Les méthodes géométriques basent l'appariement sur la géométrie des segments de route et le point de GPS, elles ont tendance à ignorer la façon dont le réseau est connecté. Il existe trois types méthodes géométriques, généralement nommés : point à point, point à segment et courbe à courbe. Les plus connus sont les suivantes :

Méthode de localisation géométrique point à point : cette méthode est basée sur un principe simple et immédiat, n'exige pas beaucoup de calcul, la localisation d'objet est effectuée par choisir deux points (nœuds) de route et calculer la distance entre ces points et la position estimée d'objet, à condition que ces points sont les plus proches par rapport à la position d'objet. On dit que l'avantage de cette méthode c'est la simplicité et la rapidité mais le grand inconvénient que la position estimée n'est pas vraiment délicate et pas toujours les points le plus proche donne la meilleure estimation comme montre la figure 3.4.

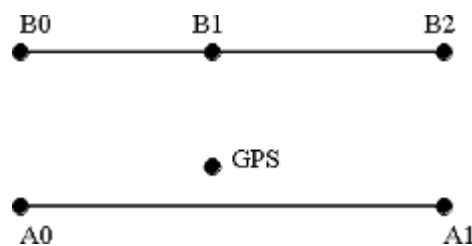


Fig. 3.4 Problème de la localisation point à point : allocation erronée du point GPS.

Méthode de localisation géométrique point à segment : C'est une amélioration de la méthode précédente, car elle base au même principe seulement au lieu de choisir des points, on choisit un segment (plusieurs points) la plus proche et calculer la position estimée par rapport à ses points c.-à-d. le segment. Cette méthode pose un grand problème c'est

l'ambiguïté dans le cas où il y a de plusieurs segments à distance égale, cela peut donner une estimation fautive, c'est-à-dire une erreur peut construire une incohérence dans le positionnement comme l'illustre la figure 3.5.

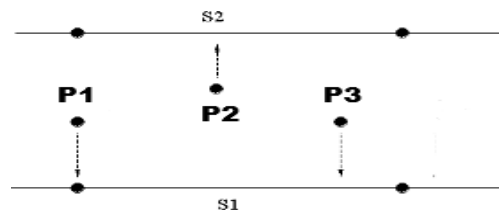


Fig. 3.5 Le problème d'ambiguïté et d'instabilité de position.

Méthode de localisation géométrique courbe à courbe (arc à arc) : cette méthode utilise des courbes au lieu des segments, cette courbe est un ensemble des segmentent connecté entre eux, cette technique est basée sur la même principe de la première méthode, on a calculé des positions estimées successives avec une courbe (ensembles des points). Étant donné que la courbe à courbe dépend du point à point, cela produit généralement de mauvais résultats en raison des valeurs aberrantes.

b) Méthodes de localisation topographique

Cette méthode est basée sur la détermination de localisation à partir d'une position de référence (la position initiale) pour réduire le taux de calcul et la connectivité des arcs (plusieurs segments) pour éviter le problème d'ambiguïté, on peut conclure que cette méthode améliorer les méthodes géométriques précédentes parce qu'il combine les mêmes méthodes avec ce principe, pour mieux comprendre on a expliqué la méthode point à segment comme l'illustre la figure 3.6.

La méthode géométrique aura tendance à attribuer la plupart des points Pos au segment S3. Mais si l'on considère que le P0 la position initiale alors il est logiquement impossible qu'il ait pu joindre S3 compte tenu de la longueur de S2. Donc il est plus susceptible d'attribuer les positions en le segment S1. Le grand inconvénient de cette méthode est sa dépendance à la position initiale qui peut produire des erreurs sur la localisation si est incorrecte.

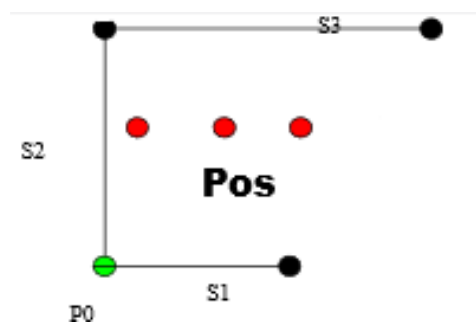


Fig. 3.6 L'intérêt de la méthode topographique.

c) Méthode de localisation probabilistes

Les méthodes probabilistes utilisent une région d'erreur qui est généralement une ellipse ou un rectangle pour correspondre au point donné. À partir de cette région, le lien correspondant est sélectionné en fonction de la direction, de la vitesse, de la connectivité et de la proximité entre le point et le lien. Certaines méthodes créent des zones d'erreur pour chaque point de trace, d'autres ne les créent qu'à proximité des jonctions, ce qui améliore les performances de méthode et évite également les décalages en cas de proximité d'autres segments de route. Bien que ces méthodes puissent récupérer rapidement des correspondances erronées, ils nécessitent plus de temps de calcul comme l'illustre la figure 3.7.

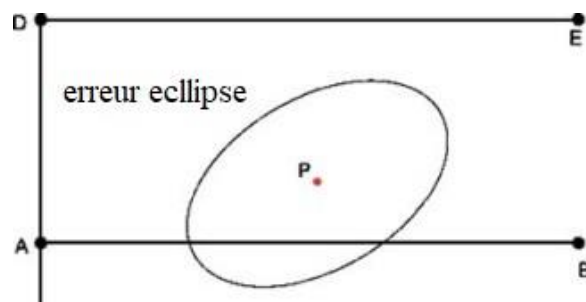


Fig. 3.7 Erreur ellipse ayant une partie intérieure du segment AB.

3.3.3 Algorithmes de localisation

L'algorithme de position est basé sur des séquences des processus pour obtenir à la fin la position d'utilisateur, on a montré ces processus.

a) Gestion de signal

Chaque satellite GPS est équipé d'un ensemble d'horloges atomiques précises pour conserver le temps et fournir la norme de signal de la fréquence fondamentale de la bande L à $f_0 = 10.23$ MHz, qui transmet des données en continu via des fréquences radio.

Multiplier la fréquence fondamentale par 154 et 120 donne respectivement la fréquence porteuse principale L1 à $f_1 = 1575.42$ MHz pour transmettre le message de navigation, code C/A et le code P et la fréquence porteuse secondaire L2 à $f_2 = 1227.60$ MHz qui transmet le message de navigation et code P seulement. Les codes C/A³ et P sont des codes de bruit pseudo-aléatoire (PRN) fournissant des mesures de retard permettant à l'utilisateur de déterminer la distance entre le récepteur et le satellite et permettant aux récepteurs GPS d'identifier le satellite à travers ses propres codes PRN, ces codes sont des séquences de

³Corse / Acquisition

valeurs binaires (zéros et uns) bien structure unique générée par un algorithme spécifique dans le satellite. Le récepteur est à l'écoute des signaux qui sont diffusés par les satellites et quand il capte un signal, il doit le séparer le code PRN et les données GPS (message de navigation), ceci est fait en mélangeant à nouveau le signal reçu du satellite avec un code PRN généré interne par le récepteur, après quoi ces signaux seront décodés et se synchroniseront efficacement avec les horloges atomiques du satellite. Après la séparation, le récepteur obtient des informations nécessaires au calcul de distance telles que les données orbitales des satellites (appelées éphémérides de diffusion), les données de l'almanach du satellite, les paramètres de correction de l'horloge satellite, etc. Pour déterminer le retard, le récepteur compare la séquence de bits reçue du satellite avec un code C/A générés en interne et calcule ensuite le retard et la distance par rapport au satellite.

b) Détermination de la position du récepteur sur la carte

Pour calculer la distance d , qui sépare le récepteur et le satellite, on multiplie le temps Δt par c , à cause que le temps mesuré à un biais t_{biais} commun à tous les satellites suivis. On obtient la réelle distance qu'appelée pseudo-distance comme l'illustré la figure. 3.8.

$$d = c \cdot \Delta t, \quad \Delta t = (t_{réception} - t_{transmission}) + t_{biais} \quad (3.1)$$

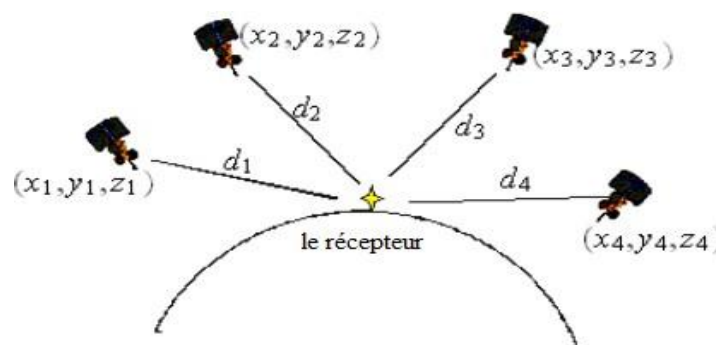


Fig. 3.8 La distance entre chaque satellite et le récepteur.

Après la détermination de la distance d , on doit calculer la distance m qui sépare la position d'utilisateur (x_u, y_u, z_u) et la position de la projection du satellite en la terre (X_s, Y_s, Z_s) comme l'illustre la figure 3.9.

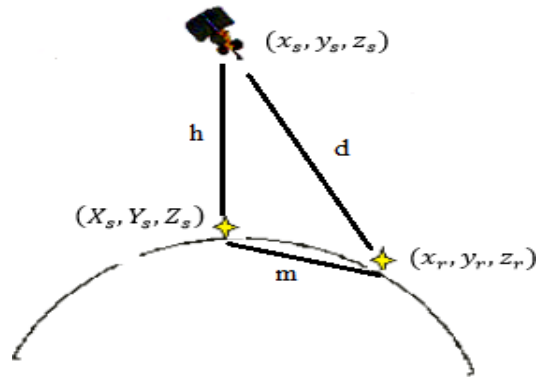


Fig. 3.9 Projection de la position du satellite sur la terre.

On peut calculer la distance m par le théorème de Pythagore qu'applique en cas d'un triangle rectangle, qui est donné par l'équation suivante :

$$d^2 = m^2 + H^2 \quad (3.2)$$

À partir de l'équation (3.2) et à cause que d et H les deux sont calculables, on obtient m . Le problème dans ce cas est que la distance calculée est linéaire, alors que la distance réelle est curviligne, en plus que la distance m dépend à la précision de la distance d , cette dernière est variable parce que dépend à plusieurs facteurs comme le nombre des satellites qui impacte à la tempe de biais c.-à-d. à la distance d , cela qui affecte à la précision de la position. La détermination de la position exacte d'un récepteur basé sur la méthode de « trilatération » qui dépend la distance mesurée, la méthode utilise la distance d pour obtient à l'intersection des trois sphères des satellites comme l'illustré la figure 3.10.

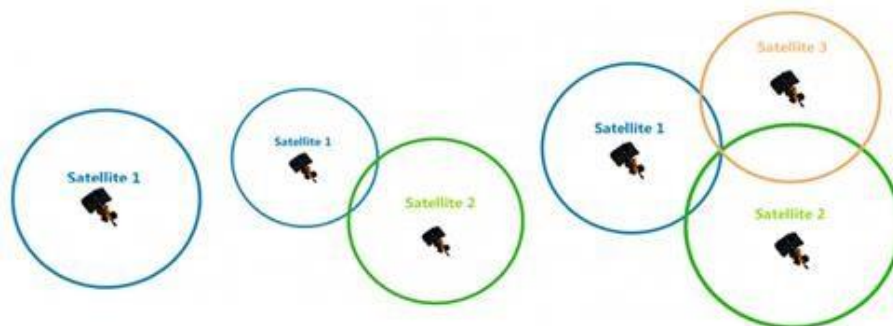


Fig. 3.10 Principe de trilatération.

La précision de la position est toujours dépendue au nombre des satellites visibles, plus le nombre est élevé, plus la précision est grande, mais cela nécessite un temps de calcul plus long et ce facteur est dû au type de logiciel, il existe des logiciels qui ont besoin de précision et d'autres qui recherchent la rapidité.

Maintenant, pour calculer la position (x_u, y_u, z_u) , on suppose que (x_s, y_s, z_s) les positions de satellites, on peut écrire le system suivant :

$$d = \sqrt{(x_s - x_u)^2 + (y_s - y_u)^2 + (z_s - z_u)^2} - c \cdot \Delta t \quad (3.3)$$

Après la linéarisation du système, on peut appliquer des méthodes mathématiques pour le résoudre.

Trois satellites sont suffisants pour un positionnement en deux dimensions (trilatération), par contre le positionnement GPS nécessite un quatrième satellite afin de positionner un récepteur en trois dimensions : longitude, latitude, altitude.

L'algorithme 3.1 résume la fonctionne qui permet de calculer la position précise d'un récepteur.

Après le satellite gèrent les signaux à travers l'algorithme PRN, le récepteur qu'écoute va capter ces signaux qui représenter par la matrice PRN. Le récepteur va séparer le message de navigation à code PRN à partir du message reçu msg, ensuite comparer le PRN de chaque satellite avec PRN-recp, le temps de transmission calculée et les distances sont déterminés. En considérant l'erreur de décalage, l'algorithme sera répété jusqu'à ce que l'intersection des quatre sphères en un point ait lieu pour cela on a défini le nombre d'itérations N. Ce point est la position approximative (la plus exacte) du récepteur qui déterminé à travers les positions des satellites qui représenté à la matrice Sat et l'estimation initiale du point, à condition que le nombre de stellite nb-sat supérieur ou égal à 4 et pour calculer le biais on a besoin à la matrice D et l'estimation initiale du biais, ensuite peut être calculé le temps, la vitesse.

Algorithme 1. Localisation de position

```

Input PRN[1..MN],msg, PRN-recp, nb-sat, max-iter, N=0, dt=t-de-
rep-de-trans, c=299792458, D[], Sat[], pos-ini, b-ini.
Output Position[XYZ]
PRN=Separer-message_nav(msg)
Compare-PRNs(PRN,PRN-recp)
While N<=nb-iter do
    If (nb-sat >= 4) do
        D=Calculer_distance (dt, c)
        [XYZ]=calculer-position (D, Sat, pos-ini ,b-ini)
    EndIf
    N=N+1
Endwhile

```

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les notions des bases des cartes routières qui l'un des domaines les plus avancés et lié à technique GPS, ensuite on a passé aux étapes d'algorithme GPS qui permet de calcul la position et on a détaillé chaque étape.

Dans le chapitre suivant nous allons concentrer sur l'implémentation d'algorithme à l'aide du MATLAB et la réalisation de la simulation à l'aide d'outil spécial.



Chapitre IV

IV. Etude expérimentale

4.1 Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéressera à la simulation de géolocalisation GPS en différents cas pour présenter des points qui impacte sur la précision de la position. Tout d'abord on a présenté les différents outils et langages utilisés. Ensuite, un algorithme de positionnement utilisé pour déterminer avec précision les coordonnées de la position du récepteur en termes de latitude et de longitude, ainsi une partie de simulation pour l'analyse les différentes phases en deux cases.

Enfin, on a proposé une nouvelle idée pour améliorer la précision de la position qui dépend des résultats de la simulation.

4.2 Les outils d'implémentation

Afin de réaliser une expérimentation, on besoin des outils capables de traiter, analyser un signal, et calculer une position à partir des positions de divers objets voisins : satellites, antennes de diffusion et autres récepteurs, etc.

Dans ce qui suit, on présente les principaux outils utilisés.

- Matlab

Matlab (matrix laboratoire) Est un logiciel de manipulation de données numériques et de programmation dont le champ d'application est essentiellement les sciences appliquées, développé par la société The Math Works, la version première MATLAB 1.0 est commercialisé en 1984 et la dernière version c'est R2018 b. Il permet de manipuler des matrices, des courbes et des données, de créer des interfaces. Son objectif par rapport aux autres langages, est de simplifier au maximum la transcription en langage informatique d'un problème mathématique, en utilisant une écriture la plus proche possible du langage naturel scientifique. Son apprentissage n'exige que la connaissance de quelques principes de base à partir desquels l'utilisation des fonctions évoluées est très intuitive grâce à l'aide intégrée aux fonctions, en plus la simplicité à l'implémentation et rapidité de calculs et la fiabilité, la robustesse, toutes ces raisons qui on a poussé à l'utiliser.

- Vutog GPS simulator

C'est un logiciel offre une suite complète pour tous les besoins de simulation GPS. Il est conçu pour aider au développement, au test et au débogage d'applications GPS et d'équipements fonctionnant avec le protocole NMEA-0183. Il peut être utilisé pour tester les applications et équipements de navigation à l'intérieur lorsque le signal GPS n'est pas disponible pour maximiser la productivité.

Il y a cinq modes de simulation, on a utilisé le mode de World Map Input, il fonctionne en mode tracking. En d'autres termes, il suffit de sélectionner Point de départ et Point d'arrivée avant de commencer la simulation GPS. Le simulateur GPS Vutog commence à générer des phrases NMEA avec toutes les données par calcul automatique pour le mouvement de l'objet du point de départ au point final. Le logiciel donne plusieurs options pour la configuration des satellites telle que l'azimut /élévation, l'affichage de la qualité du signal GPS.

4.3 Principe de simulation

En raison de la difficulté de suivre les satellites et la collection des données GPS à cause l'absence d'équipements adéquats et les logiciels, l'expérimentation a été réalisée à base des positions référencées des satellites dans laboratoire [16] pour obtenir ces résultats qui représente des positions réelles.

- L'algorithme de positionnement

Dans le chapitre précédemment, on a souligné à l'impact du nombre de satellites sur la précision de la position. On étudiera donc ce facteur dans plusieurs cas afin de déterminer l'ampleur de l'effet dans certaines conditions initiales. Pour calculer la position d'utilisateur on a divisé l'algorithme en deux sous problèmes :

1. Trouver la distance d entre l'utilisateur et chaque satellite.
2. Détermination de la position d'utilisateur (x_u, y_u, z_u) en fonction de la position des satellites (x_s, y_s, z_s) .

Les deux problèmes sont l'illustre en le système des équations suivantes :

$$d = \sqrt{(x_s - x_u)^2 + (y_s - x_u)^2 + (z_s - z_u)^2} \quad (4.1)$$

Pour résoudre ce système, on choisit le technique de Newton-Raphson qui permet de trouver la valeur la plus approximation de la position d'utilisateur, tout d'abord on a linéarisé l'équation précédente pour obtient à la suivante :

$$d^2 = (x_s - x_u)^2 + (y_s - x_u)^2 + (z_s - z_u)^2 \quad (4.2)$$

Ensuite on a créé une matrice F qui représente un vecteur contient les équations pour de chaque satellite i , après ça on a construit la matrice J qui contient les dérivations des équations F .

$$F = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ f_N \end{bmatrix}, J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} & \frac{\partial f_1}{\partial z} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} & \frac{\partial f_2}{\partial z} \\ \frac{\partial f_i}{\partial x_i} & \frac{\partial f_i}{\partial y_i} & \frac{\partial f_i}{\partial z_i} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Ce problème est résolu à l'aide d'une procédure itérative en commençant par une estimation de P_u et en trouvant les corrections qui minimisent l'équation ci-dessus. Soit P_0 l'estimation initiale. On souhaite trouver P_u à travers les équations suivantes :

$$\Delta P = -J^{-1}F \quad (4.4)$$

$$P_u = P_0 - \Delta P \quad (4.5)$$

Le nombre d'itérations d'algorithme est liée à deux facteurs, le premier c'est ϵ qui déterminer la valeur d'erreur et la deuxième c'est l'estimation de la position initiale c.à.d. plus la valeur P_0 est proche à P_u le nombre d'itérations est minimisé, pendant que le taux de calcul est lié au nombre N des satellites visibles et le nombre d'itérations.

- Les résultats d'algorithme

Les positions des satellites et la position initiale sont des données réelles au système ECEF¹.

1. Le premier cas : dans ce cas on a utilisé un seul satellite, ce cas est valide théoriquement seulement, parce qu'on besoin plus d'un satellite pour calculer la position réelle.

	X	Y	Z
La position du satellite	0.180074455394836	-2.155004095855514	1.545475505260505
La position initiale	0.517595060563426	-5.278842785358795	0.545463890768844

TAB. 4.1 La position du satellite et le point initial.

On obtient le résultat suivant qui représente les coordonnées géographiques latitude et longitude : $P_u = (33.4706, -84.2705)$.



Fig. 4.1 La validation du résultat sur Google Maps.

¹ ECEF (earth-centered, earth-fixed) est un système de coordonnées géographiques et cartésiennes qui représente les positions en coordonnées X, Y, et Z. Le point (0, 0, 0) est défini comme le centre de masse de la Terre.

2. Le deuxième cas : avec 4 satellites, on a augmenté le nombre à quatre satellite, c'est le nombre nécessaire pour connu la position à travers l'intersection dans un point.

La position du satellite	X	Y	Z
1	0.899401689262784	-1.714969133407134	1.820692580534132
2	0.180074455394836	-2.155004095855514	1.545475505260505
3	-0.039579099690679	-2.323254121957877	1.290692751848174
4	-0.176243235434628	-2.005037675310678	1.736008710389521

TAB. 4.2 Les positions des satellites.

On obtient le résultat suivant : $P_u = (33.7600, -84.4000)$.

À partir de ce résultat on remarque que le résultat précédent n'indique pas vraiment la position d'utilisateur mais il indique le cercle où on peut trouver la position de l'utilisateur après quand les cercles de chaque satellite se croisent.



Fig. 4.2 La validation du résultat sur Google Maps.

3. Le troisième cas : avec 6 satellites

On obtient le résultat suivant : $P_u = (33.7606, -84.3989)$. La position est déterminée avec précision élevée.



Fig. 4.3 La validation du résultat sur Google Maps.

4. Le quatrième cas : avec 8 satellites la position est plus préciser, on obtient le résultat suivant : $P_u = (33.7609, -84.3989)$.



Fig. 4.4 La validation du résultat sur Google Maps.

5. Le dernier cas : avec 10 satellites

On a choisi dix satellite à cause que la plupart des récepteurs supports ce nombres des canaux et pour connaître le degré résultant de précision, le résultat :

$$P_u = (33.7735, -84.3966)$$



Fig. 4.5 La validation du résultat sur Google Maps.

À partir de ces résultats on peut conclure que la précision de la localisation est très affectée par le nombre des satellites, ainsi que le taux de calcul, autrement dit que la relation entre la précision et le nombre de satellites est une relation de corrélation directe, ceci à cause que l'intervalle d'erreur est décroissant, de plus, on a remarqué que le nombre de satellites affecte deux autres facteurs c'est le HDOP et VDOP c.à.d. la qualité du positionnement horizontal, vertical des satellites comme montre la figure ci-dessous, lorsque la valeur de ces deux facteurs diminue, la précision augmente, à mesure que l'augmentation de nombre de satellites réduit les valeurs de ces deux.

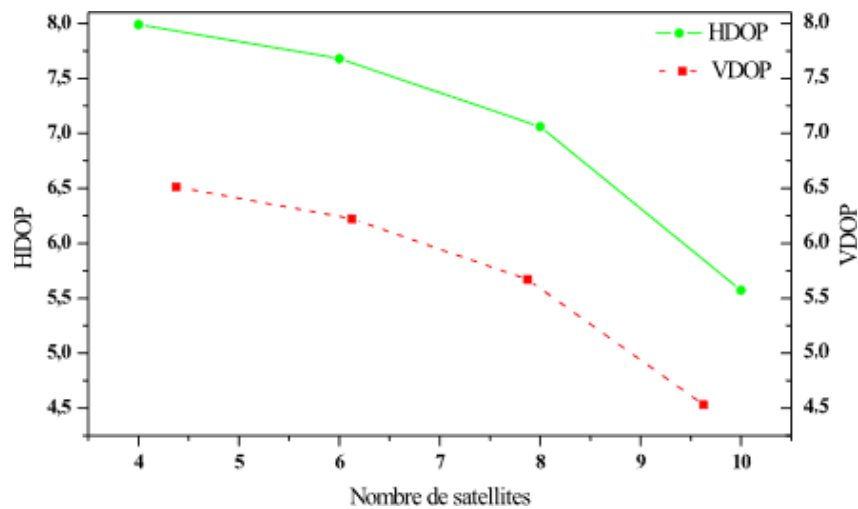


Fig. 4.6 La variation des valeurs HDOP, VDOP en fonction au nombre de satellites.

6. Le suivi à travers Vutog GPS

Dans ce cas, on a utilisé Vutog GPS pour simuler le suivi entre deux points (waypoints) avec les mêmes conditions et en les deux modes suivantes : GPS et DGPS², on va utiliser deux points du résultat précédent comme d'entrée.

La point de départ		La point de fin	
latitude	Longitude	latitude	Longitude
33.76	84.40	33.7735	84.3966

TAB. 4.3 Les positions initiales des deux points.

La configuration des satellites :

Dans cette partie, chaque satellite identifié son nombre PRN et son azimuth et l'élévation, SNR³.

Set	PRN	Elevation	Azimuth	SNR	Set	PRN	Elevation	Azimuth	SNR
<input checked="" type="checkbox"/> Set	1	30	210	11	<input checked="" type="checkbox"/> Set	2	31	211	12
<input checked="" type="checkbox"/> Set	3	32	212	13	<input checked="" type="checkbox"/> Set	4	33	213	14

Fig. 4.7 La configuration des paramètres du satellite dans les deux modes.

Le résultat du mode GPS :

Les points	
latitude	Longitude
33.7600	84.3985
33.7652	84.3970
33.7704	84.3955
33.7756	84.3940

TAB. 4.4 Les positions des points en mode GPS.

En mode DGPS avec la même configuration :

Les points	
latitude	Longitude
33.7659	84.3991
33.7718	84.3982
33.7774	84.3973
33.7830	84.3964

TAB. 4.5 Les positions des points en mode DGPS.

² Système de positionnement global différentiel.

³ En anglais Signal-to-noise ratio, c'est le rapport signal sur bruit, c'est un indicateur de la qualité de la transmission d'une information.

- Analyse et discussion

À partir de ces résultats on peut conclure que la méthode DGPS donne une précision plus élevée que GPS, malgré on a la même configuration, ceci est lié au le principe de fonctionnement d'algorithmes DGPS qui calculer la position à condition que le nombre minimal des satellites 4 et y a les même PRNs, ensuite calculer la différence entre les coordonnées de la position résultat à travers les satellites et la position réelle de la station de référence (une ou plusieurs) qui bien localisé, enfin envoyer sa différence aux autres récepteurs DGPS qui communique avec les mêmes satellites et en même temps. En plus que ça, il y a le facteur de la qualité d'équipement utilisé, il faut noter que les récepteurs GPS sont le moins cher et la plus faible qualité par contre les récepteurs DGPS sont couteux mais offerts une précision à 10 cm.

La méthode DGPS offre une précision élevée mais il est couteux et en plus est limité dans zone particulière à cause des stations fixées, cela impacte à la précision du DGPS qui commence à dégrader lorsque la distance entre le récepteur et les stations de référence commence à augmenter, par contre la méthode GPS est plus simple et moins chère mais sa précision est faible et dépend au nombre des satellites visibles.

À base ces deux techniques, on a proposé cette idée qui combinait les deux c.à.d. la haute précision avec la simplicité et la flexibilité, la figure ci-dessous montre l'algorithme de cette technique.

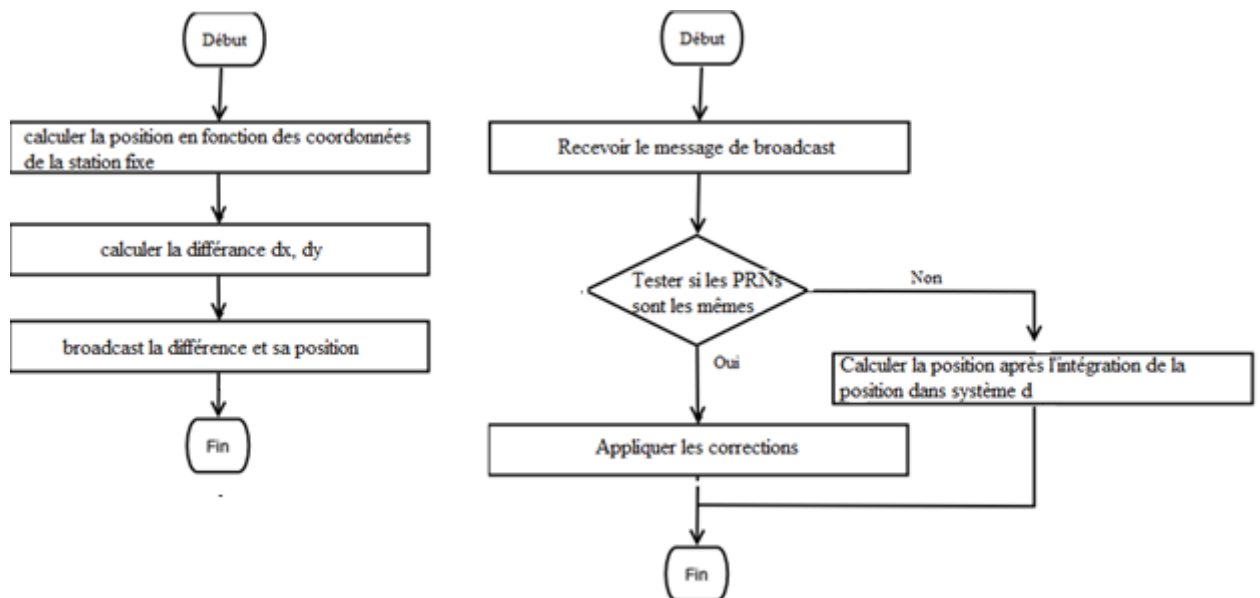


Fig. 4.8 Diagramme explique l'algorithme de la technique.

Le principe d'idée est basé à l'utilisation d'une station DGPS mobile pas fixée pour augmenter la zone de couverture et minimiser les nombres des stations fixées, la position de

cette station est calculé à travers le même principe de système d'équations GPS, l'équation suivante explique :

$$d = \sqrt{(x_{stFix} - x_{stMob})^2 + (y_{stFix} - y_{stMob})^2 + (z_{stFix} - z_{stMob})^2} \quad (4.6)$$

Où $(x_{stFix}, y_{stFix}, z_{stFix})$ la position de station fixée et $(x_{stMob}, y_{stMob}, z_{stMob})$ la position de station mobile. On peut confirmer que la position de la station mobile est déterminée avec haute précision à cause que la position de la station de référence utilisée est bien précisée.

Maintenant, on a connu la position de la station mobile, cette technique va utiliser en deux cas, le premier dans la condition que les PRNs des satellites sont les mêmes, la station va calculer la différence entre la position calculable par ces satellites et la position calculable à travers le système (4.6), ensuite envoyée en broadcast ces corrections et sa position aux récepteurs. La différence D est expliquée par l'équation suivante :

$$D = d_{stMob} + B - d_{sMsat} - b \quad (4.7)$$

Ces derniers vont tester la condition de PRNs s'il est vrai, le récepteur va appliquer la correction à l'aide l'équation suivante :

$$P_u = \Delta P + D \quad (4.8)$$

Dans le deuxième cas où les PRNs du satellite sont différents, le récepteur va utiliser la position de la station mobile pour ajouter comme une nouvelle équation à au système (4.1), cela diminue l'erreur et augmenter la précision, on a remarqué l'impact de ce facteur en les résultats précédents.

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons implémenté un algorithme de calcul de position dans plusieurs cas ensuite nous avons simulé deux techniques de positionnement GPS et DGPS et après la discussion des résultats, on a proposé une nouvelle technique qui basée à l'utilisation des deux techniques, cette idée permet à d'améliorer la précision pour les deux types des récepteurs professionnels comme DGPS et commerciales telles que GPS.

Conclusion & Perspectives

Le GPS, un aspect important de la communication moderne, permet entre autres, de localiser les coordonnées spatiales d'un émetteur, sa vitesse et sa direction et ce, par usage de différents segments physiques, protocoles et éléments d'émission et de réception de signaux.

Dans ce mémoire, nous présentons une description des divers composants matériels et logiciels du dit système. Nous nous intéressons également à l'aspect pratique de la localisation et l'analyse des résultats issues d'une implémentation et comparée aux résultats calculés par diverses applications GPS existantes.

Le problème constaté relève de la précision des résultats qui demeure restreinte et approximative à un certain degré et ne peut être considérée comme solution efficace dans certains problèmes critiques notamment la planification et la gestion urbaine, l'acheminement de routes ou le repérage de cibles précises. Ceci est dû essentiellement à la nature et efficacité des signaux et surtout au calcul géométrique adéquat de position.

Les travaux similaires utilisent diverses méthodologies géométriques et topographiques en se basant surtout sur diverses sources d'informations ou leur nombre est proportionnel à la qualité des

résultats. Notre travail consiste effectivement à minimiser ce nombre qui paraît coûteux au profit d'une méthodologie géométrique permettant d'aboutir aux résultats équivalents à ceux fournis par d'autres applications similaires disponibles en littérature.

Les travaux en perspectives consistent entre autres, à concevoir un système de localisation paramétrable pouvant être enrichi par d'avantage de techniques de localisation afin d'être adapté à d'autres applications, notamment le calcul de la vitesse, la distance entre deux points terrestres, la durée d'un trajet quelconque, etc. néanmoins, l'idée doit être réalisée au sein d'un projet doté d'équipements et d'outils adéquats.

Il faut noter également qu'un tel système repose sur l'usage spécifique de satellites orbitales dont la gestion relevée de la propriété d'état dont l'usage demeure relatif et restreint.

References

- [1] Rabbany, A.E. "Introduction to GPS: The Global Positioning System (2nd.edition)", Norwood, MA : Artech publishers 685 Canton Street, 2006.
- [2] Branford, W., Parkinson James., And Spilker, J. "Global Positioning System: Theory and Applications", volume.1, Amer Inst of Aeronautics, Lincoln, NE, U.S.A. 1996.
- [3] Elliot D. Kaplan, Christopher J. Hegarty,(eds.)."Understanding GPS: Principles & Applications", Artech House Publishers, Boston London,2018.
- [4] Tsui, James Bao-Yen, "Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach", John Wiley & Sons, Inc. 2000.
- [5] Navtech Seminars, Navtech Book and Software Store, "NAVSTAR GPS User Equipment: Introduction",1993.
- [6] Chris Rizos."Trends in GPS Technology & Application",2014
- [7] Chris Rizos."Introduction to GPS", University of New South Wales,1999.
- [8] Holiday Inn Surfers Paradise, "GNSS Data Protocols: Choice and Implementation", Australia ,2006.
- [9] Yong Heo ,Thomas Yan ,Samsung Lim ,Chris Rizos , "International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols", Australia, 2009.
- [10] Md. Ziaul Hoque,"Basic Concept of GPS and Its Applications", IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS) Volume 21, Issue 3, Ver. II PP 31-37, 2016.
- [11] Abha Damani, Hardik Shah and Krishna Shah , "Global Positioning System for Object Tracking ", International Journal of Computer Applications (0975 –8887) Volume 109 –No. 8, January 2015.
- [12] Wiederholt L. F., E. D. Kaplan. GPS system segments. In E. D. Kaplan (ed.). "Understanding GPS: Principles and applications". Artech House, Boston. Pages 59–81, 1996.
- [13] EL BADAoui EL NAJJAR Maan , "Localisation dynamique d'un véhicule sur une carte routière numérique pour l'assistance à la conduite", Professeur des Universités en Automatique et Robotique, Université de Lille,2003.
- [14] Pereira, F.C., Costa, H. & Pereira, N.M., "An off-line map-matching algorithm for incomplete map databases", European Transport Research Review, Springer, 2009.
- [15] Fairouz Bouziane," Une approche pour l'hybridation des techniques de localisation",2015.
- [16] Institut de technologie de Géorgie, ECE6390,satellite communication and navigation.
- [17] Mr.R.Manikandan, Dr.R.Latha."Process of Positioning inMap-matching Algorithm -GPS vehicle Navigation System", St.Peter's University, Chennai,2017.
- [18] Pratap Misra, Per Enge. "Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance (2nd.edition)", Massachusetts: Ganga-Jamuna Press,2006.