

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8Mai 1945 – Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications



705

**Mémoire de Fin d'Etude
Pour l'obtention du Diplôme de Master Académique**

**Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Electronique et Télécommunication
Spécialité : Systèmes de Télécommunications**

**Adaptation et calibration d'une image aérienne pour
l'utilisation par un GPS**

Présenté par :
Belhireche Djamel
Benchaker abdelkarim

Sous la direction de :

Mahri omar

JUIN 2011





Remerciement

Au terme de ce travail, nous voulons exprimer nos profondes gratitudees envers ALLAH le tout puissant qui grâce à son aide nous avons pu finir ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à notre encadreur Monsieur Mm. MAHRI Omar pour les taches qui nous a facilités et tous ses conseils et remarques durant l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie tous les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de participer à cette soutenance.

Nos remerciements vont également à tous ce qui, de près ou de loin, nous a aidés au cours de notre projet.



Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Les satellites De Télécommunication	
Introduction	3
I.1 Principe de transmission par satellites	3
I.2. Types de satellite	4
I.2.1 Les satellites passifs	4
I.2.2 Les satellites actifs	4
I.3 Utilisation des satellites de communication	4
I.3.1 Les communications publiques	4
I.3.2 Les communications d'entreprises	6
I.3.3. Les communications mobiles	6
I.3.4 Les communications de remplacement	6
I.3.5 Les communications militaires	6
I.4. Caractéristiques principales des systèmes satellitaires	6
I.4.1 es lois de Kepler	7
I.5. Les orbite	8
I.5.1 Les différents types d'orbite des satellites.....	8
I.5.1.1. Orbites elliptiques	9
I.5.1.2. Orbites circulaires	9
I.5.1.3. Orbite géostationnaire	10
I.5.2. Choix de l'orbite	12
I.5.3. Caractéristique d'un satellite	15
Chapitre II : Généralités de GPS	
Introduction	16
II.1. Historique et avenir du GPS	16
II.2. Différents types de système de navigation.....	17
II.2.1. GLONASS	17

II.2.2. ENSS	17
II.2.3. GALILEO.....	17
II.3.Composition du système GPS	17
II.3.1. segmente spatial	18
II.3.1.1. La géométrie du système	18
II.3.1.2. Les blocs des satellites	19
II.3.1.3. Numérotation des satellites.....	19
II.3.2. segmente de Contrôle	20
II.3.3. Le secteur Utilisateur	21
II.4. Les Services fournis	21
II.4.1. Le service PPS.....	21
II.4.2. Le service SPS.....	21
II.5. rappels sur le signal GPS.....	22
II.5.1 Les codes pseudo aléatoire	24
II.5.1.1. Le code C/A	24
II.5.1.2. Le code P/Y :.....	25
II.5.2. Le contenu du signal GPS	25
II.5.2.1. Format du message	25
II.5.2.2. Contenu du message	26
II.4.2. Acquisition du signal	27
II.5. Les avantages et inconvénients du GPS	28
II.5.1. Les avantage	28
II.5.2 Les inconvénients	28

Chapitre III principe de fonctionnement

Introduction.....	30
III.1. Le Principe.....	30
III.2. Fonctionnement	31
III.2.1. La triangulation	31
III.3. Types de mesures	34
III.3.1. Le pseudo distance sur les codes	34

III.3.2. La mesure de phase	35
III.4. Temps et System de Coordonnée	36
III.4.1. Temps GPS	36
III.4.2. Système de coordonnée	37
III.5. Type de Positionnement	38
III.5.1. Positionnement absolue	38
III.5.2. Le positionnement relatif	39
III.5.2.1. Le DGPS.....	39
III.5.2.2. Le choix du délai	40
III.5.3. Positionnement statique et cinématique	42
III.6. Visibilité et Disponibilité des Satellites	43
III.7. Types d'erreurs GPS	44
III.7.1. Diminution de la précision	44
III.7.2. Erreur liées à satellite	45
III.7.3. Erreur liées à l'environnement	46

Chapitre IV : le récepteur GPS

Introduction	49
IV.1.Types des récepteurs	49
IV.1.1. le récepteurs multi-canaux	49
IV.1.2. Le récepteur séquentiel	49
IV.1.3. Le récepteur multiplex	49
IV.2. Architecture générale d'un récepteur GPS	50
IV.2.1. L'antenne	50
IV.2.2. Le préamplificateur à faible bruit	52
IV.2.3. Le module RF	52
IV.2.4. le module numérique	52
IV.3. Caractérisations de l'aspect récepteur	53
IV.4. Format « RINEX »	54
IV.5 Synchronisation de l'horloge du récepteur	55
IV.5.1 Précisions fournie	57

VI-6 Applications du GPS	58
Chapitre V : l'application	
Introduction	62
V.1. Ouvrir un fichier et analyse	62
V.2. Eléments de base.....	65
V.2.1. Les points	65
V.2.2 Les trace	66
V.2.3. Les route	66
V.3. Adaptation et calibration d'une image aérienne	67
V.3.1. Téléchargement et préparation de la photo aérienne	67
V.3.2. Calibration de la photo	67
V.3.3. Désignation des éléments de base	69
V.3.3.1. Créer les Waypoints.....	69
V.3.3.2. Création des traces.....	71
V.3.3.3. Création des routes.....	75
V.3.4. Enregistrement le travail	76
V.3.5. communiquer avec le récepteur GPS	77
CONCLUSION.....	
CONCLUSION générale	

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE :

Le besoin d'une technologie de positionnement n'est pas nouveau. Il date de l'Antiquité où l'on utilisait déjà le ciel pour estimer sa position.

Comme les navigateurs se repéraient alors aux étoiles qui se déplaçaient d'une manière prévisible suivant le moment du jour et de l'année, il était indispensable de connaître l'heure avec précision. Dès le Moyen Age, la société s'est organisée pour maîtriser cette technologie. L'intérêt était aussi bien stratégique que commerciale et des assemblées de notables, de marchands, de savants se sont constituées pour favoriser l'invention des meilleurs chronomètres de marine.

Le programme GPS, baptisé NAVSTAR, a débuté à la fin des années 70 et le premier satellite a été lancé en 1978. Juste après la guerre du Golfe (1990), le département de la défense des États-Unis décida de rendre le système accessible aux utilisateurs civils, alors que 21 satellites étaient utilisables. La constellation est devenue pleinement opérationnelle le 8 décembre 1993 avec 24 satellites en ordre de marche. L'industrie du GPS aux États-Unis à l'an 2000 a dépassé le volume de 8 milliards de dollars. Ce système permet à tout utilisateur de déterminer de façon continue sa position (latitude, longitude et altitude) ainsi que d'autres paramètres qui en découlent (vitesse, direction...), ceci en tout point de la surface terrestre. La position est calculée en permanence par un récepteur GPS, appareil "grand public", très prisé des navigateurs et des randonneurs. Les signaux radio émis par les satellites sont captés en permanence par le récepteur (en général de 4 à 12 satellites sont suivis simultanément). C'est la mesure très précise du temps mis par ces signaux pour effectuer le trajet satellite-récepteur qui permet de calculer une position par triangulation.

Le succès scientifique et opérationnel du GPS est universel, la nécessité d'utiliser le satellite pour les opérations de positionnement et de navigation est un phénomène désormais irréversible. C'est pour cela qu'on s'est mis à l'étude de ce projet où notre travail sera axé plus exactement sur le traitement d'image au niveau soft par le système GPS.

Ce mémoire est divisé en cinq chapitres :

- Dans le premier chapitre nous présentons l'état de l'art des satellites.
- le second chapitre se base sur les généralités des systèmes de positionnement et plus particulièrement le GPS.
- Dans le troisième chapitre nous exposons les principes de fonctionnement
- Le quatrième chapitre est consacré pour les récepteurs GPS.
- En fin cette étude sera terminée par une partie d'application qui sera porté sur l'adaptation et la calibration d'une image aérienne à l'aide de logiciel TRACKMAKER pour l'utilisation par le GPS.

Chapitre I

Les satellites

De

Télécommunication

INTRODUCTION :

Les satellites artificiels sont des engins lancés dans l'espace par l'homme à l'aide d'une fusée (ou de la navette spatiale). Ils sont destinés à tourner de la Terre ou d'un autre objet de l'Univers (planètes, étoiles, etc.)

Depuis le premier satellite artificiel "Sputnik 1", lancé en 1957 par l'ex-URSS, l'exploitation de l'espace à des fins d'application civiles et militaires a pris une importance croissante en cette fin de siècle. Dans les domaines des télécommunications intercontinentales, les satellites de télécommunications sont devenus indispensables aux sociétés modernes. Avec le développement de la téléphonie mobiles, de la télévision numérique et des services offerts par Internet, ce secteur d'activité est aujourd'hui en pleine croissance.

Les nouvelles générations des satellites peuvent desservir, sur une grande partie de la surface du globe, plus de 12000 circuits téléphoniques et au moins deux circuits de télévision par satellite. Ainsi, depuis plus de vingt ans, les divers progrès réalisés dans les domaines très variés tels que la météorologie, la téléphonie mobiles, la télévision par satellite ou encore le GPS (Guidage Par Satellite), sont conséquent et favorise le développement de notre niveau de vie sur Terre. C'est pourquoi il nous a semblé judicieux de se pencher plus sérieusement sur le fonctionnement global des satellites, à savoir le trajet qu'il suit dans l'espace, la façon dont il gère son autonomie, et les modes d'émission et de réception par rapport à la Terre [1][2].

Un satellite de communications est essentiellement un répéteur pour faisceau hertzien. Il présente toutefois un certain nombre de caractéristiques qui le distinguent d'un répéteur terrestre :

- Il est situé à une distance bien plus grande des stations d'émission et de réception (quelques centaines de km pour les satellites en orbite basse, près de 36000km pour les satellites géostationnaire).
- Il est prévu pour travailler avec un grand nombre de stations terrestres d'émission et de réception.
- Dans certains cas, il se déplace par rapport aux stations terrestres.

I.1 PRINCIPE DE TRANSMISSION PAR SATELLITES :

La transmission par satellites se divise en deux parties :

- Une base d'émission (station de transmission) : liaison ascendante (Emetteur-satellite).
- Une base de réception (station de réception) : liaison descendante (Satellite- récepteur).

I.3.2 Les communications d'entreprises :

Dans ce type d'application, une station maîtresse alimente via le satellite une série de stations en général de taille moins importante ou micro-stations, formant un réseau hiérarchisé. Les micro-stations réceptrices peuvent être disséminées sur des territoires relativement importants, les États-Unis par exemple.

I.3.3. Les communications mobiles :

Les satellites sont à ce jour le seul moyen de fournir des services de télécommunication aux navires. Ils peuvent également être utilisés pour les communications avec des mobiles aériens et terrestres, camion dans un premier temps ou voiture. En plus des communications mobiles, les satellites peuvent jouer un rôle important dans la localisation des mobiles tant terrestres que maritimes ou même aéronautiques.

I.3.4 Les communications de remplacement :

Une partie des capacités de transmission d'un satellite peut être affectée à des moyens de communications de remplacement nécessaire à la suite de catastrophe (tremblement de terre par exemple), mais aussi à la suite de pannes des réseaux terrestres. Cet usage nécessite des stations terrestres mobiles et des capacités de transmission en réserve ou faisant l'objet de droit de reprise sur un satellite.

I.3.5 Les communications militaires :

Les armées ont été les premiers gros utilisateurs de satellites de télécommunications. En Europe, seul la Grande-Bretagne a mis en œuvre des satellites réservés aux militaires. En France, elles ont été mises en œuvre que sur un satellite mixte: Civil/militaire: télécom 1 et 2. C'est la mission Syranuse qui couvre un tiers de la surface du globe. Mais c'est surtout aux États-Unis que sont apparus les systèmes performants occupants depuis des décennies deux armées : l'US army et l'US Air force.

I.4. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES SYSTEMES SATELLITAIRES :

Un satellite de télécommunications est un relais hertzien en orbite. Le fait d'être en orbite par rapport à un relais terrestre conduit aux conséquences suivantes :

- un système satellitaire demande peu d'infrastructures terrestres;
- un système satellitaire peut fonctionner indépendamment des autres systèmes terrestres;
- un système satellitaire possède une large couverture.

En conséquence un système satellitaire peut être déployé rapidement tout en couvrant une population importante [3].

1.4.1 les lois de Kepler :

Le satellite en orbite est soumis à des lois de dynamiques célestes. La force principale appliquée au satellite est l'attraction terrestre et les lois de Kepler les plus importantes sont les suivantes :

- **Loi 1** : Le satellite se mis dans un plan orbital et sa trajectoire est une ellipse dont la Terre occupe un foyer. L'ellipse possède un demi grand axe noté a et un demi petit axe noté b . On définit l'excentricité e de l'ellipse :

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} \quad [I.1]$$

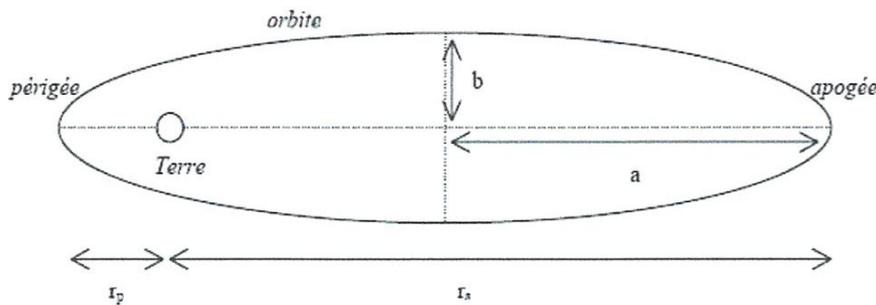


Fig.I.4 : Plan orbital

- **Loi 2** : Le vecteur du centre de la Terre au satellite balaye des aires égales en des temps égaux. Le point de l'orbite où le satellite est le plus éloigné de la Terre (apogée) est donc le point où la vitesse du satellite est la plus faible. Inversement, la vitesse sera maximale au périgée (point où le satellite est le plus près de la Terre). Pour une orbite circulaire la vitesse est constante.
- **Loi 3** : Le rapport du carré de la période de révolution T au cube du demi grand axe a de l'ellipse est le même pour tous les satellites:

$$\frac{a^3}{T^2} = cte = \frac{Gm_T}{4\pi^2} \quad [I.2]$$

Avec :

- ▶ a : demi-grand axe (ellipse) ou rayon (cercle)
- ▶ T : période
- ▶ m_T : masse de la terre

On déduit des lois de Kepler la position de l'orbite géostationnaire qui correspond à l'orbite où doit se trouver un satellite pour apparaître fixe de n'importe quel point de la surface de la Terre. On en déduit alors que l'orbite géostationnaire se trouve dans le plan équatorial à 35786 km de la surface de la Terre (42164 km du centre de la Terre).

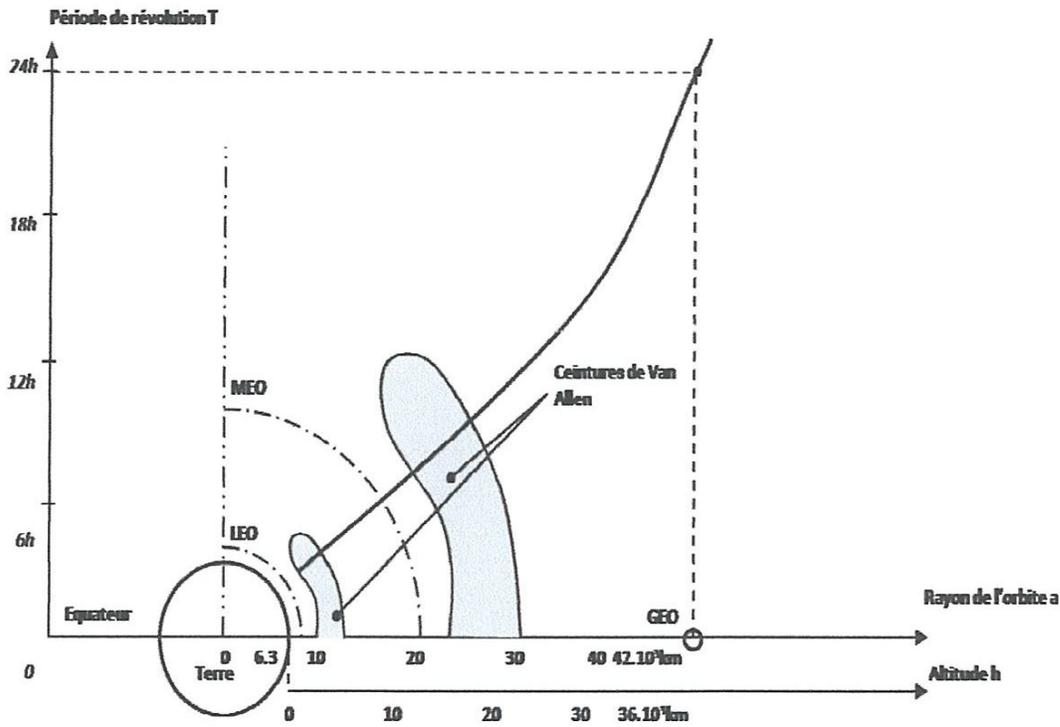


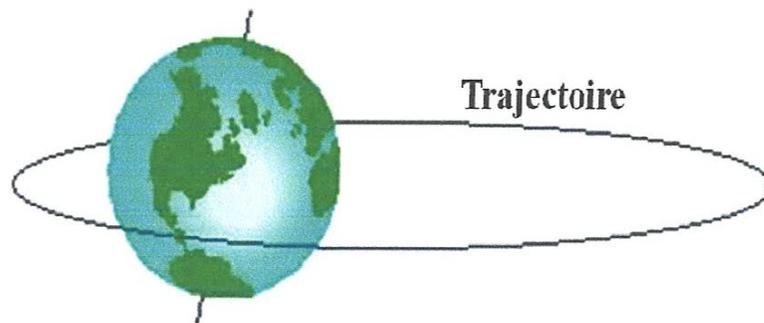
Fig.I.5 : Période de révolution en fonction de l'altitude

Les ceintures de Van Allen sont des zones à forte densité de particules piégées par le champ magnétique entourant la terre.

I.5. LES ORBITE :

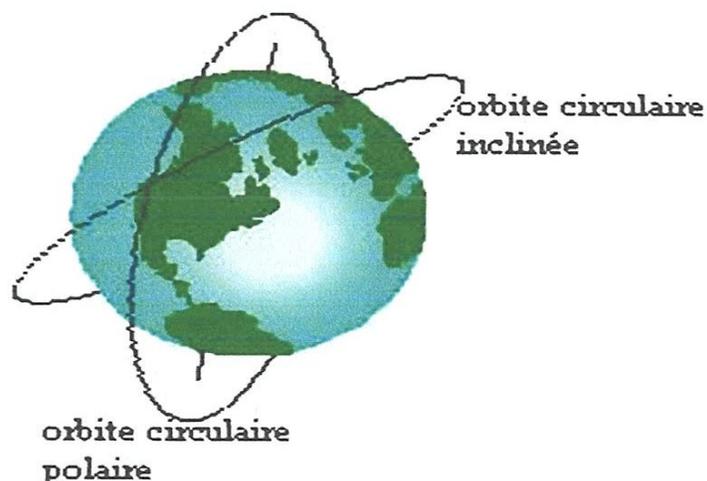
I.5.1 Les différents types d'orbite des satellites :

La quasi-totalité des satellites, qu'ils soient à usage d'observation ou de télécommunication, ont des orbites, c'est à dire des trajectoires spécifiques à un corps animé d'un mouvement périodique, propres à leur utilisation. On peut ainsi distinguer trois types d'orbites différentes : les orbites elliptiques, les orbites circulaires et l'orbite géostationnaire, chacune ayant des caractéristiques différentes des autres.

I.5.1.1. Orbites elliptiques :**Fig.I.6 :** Orbites elliptiques

Un satellite placé dans une orbite de ce type décrit une trajectoire en forme d'ellipse autour de la terre. Afin de placer un satellite en orbite elliptique, la vitesse de lancement dans l'espace doit, d'après Newton et ses théories sur la gravitation, être supérieure à 7900 m/s. La principale caractéristique de ce type d'orbite est la grande variation en vitesse que subissent les satellites.

Les orbites elliptiques présentent des avantages, comme la couverture des zones éloignées de l'équateur, mais également des inconvénients tels que les aspects qualitatif et financier des équipements mobiles sur Terre. Cependant il existe des orbites où ce type d'inconvénients n'apparaît presque pas : ce sont les orbites circulaires.

I.5.1.2. Orbites circulaires :**Fig.I.7 :** Orbites circulaires

Il existe une infinité d'orbites circulaires, chacune correspondant à une inclinaison par rapport au plan orbital, mais on peut en distinguer 3 sortes : l'orbite circulaire polaire et l'orbite circulaire inclinée et un autre...

- **L'orbite polaire :**

Est une orbite circulaire qui passe par-dessus les deux pôles de la Terre. L'inconvénient principal, pour les satellites inscrits dans ce type de trajectoire, est la lenteur de leur couverture, mais cette faible vitesse permet tout de même au satellite de couvrir une grande partie de la surface du globe, voire la totalité de la terre, compte tenu de la rotation de la terre sur elle-même.

- **Les orbites circulaires inclinées :**

Décrivent également un cercle autour de la Terre, mais chaque trajectoire est inclinée d'un certain angle par rapport au plan équatorial. De plus il est nécessaire d'imposer au satellite une vitesse de lancement d'environ 7900 m/s. Cependant, cette inclinaison présente un inconvénient majeur : étant donné que la plus haute latitude desservie par les satellites, dont les orbites sont inclinées, correspond à la déviation angulaire par rapport au plan de l'équateur, ces satellites ne peuvent pas couvrir la totalité de la surface du globe. Par contre, cette orbite possède un avantage : selon l'altitude du satellite, il est possible de cibler les zones du globe, c'est à dire que l'on peut desservir les parties intéressantes d'un point de vue économique, militaire ou autres applications...

Ces deux types de trajectoires ont chacun des caractéristiques différentes, des usages propres suivant les inconvénients et les avantages. Néanmoins ils ne sont que très peu utilisés par rapport à une autre orbite circulaire : l'orbite géostationnaire, qui possède actuellement le plus d'avantages aussi bien économiques que pratiques.

I.5.1.3. Orbite géostationnaire :

L'orbite géostationnaire fait partie des orbites géosynchrones, ces orbites sont circulaire et ont une période égale à celle de la rotation de la terre. L'orbite géostationnaire a comme particularité de tourner dans le même sens que celui de la terre et de posséder une orbite placée dans le plan équatorial.

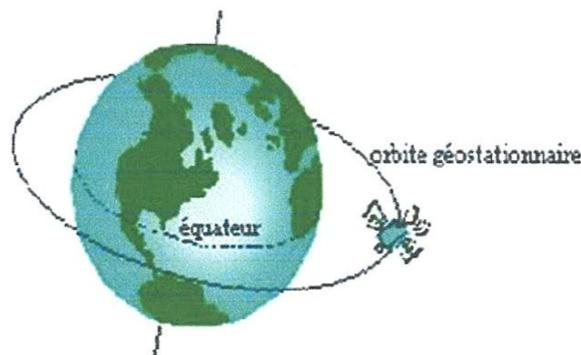


Fig.I.8 : Orbite géostationnaire

Ce nom vient de la caractéristique la plus importante de cette orbite : pour un observateur terrestre, un satellite placée en orbite géostationnaire a une apparence immobile dans le ciel. Cela vient en grande partie du fait que la période de révolution, c'est à dire le temps que met le satellite pour parcourir le périmètre du cercle représentatif de sa trajectoire, est exactement la même que celle de la Terre, soit exactement 23 heures 56 minutes 4 secondes. Mais le fait qu'il tourne dans le même sens que notre planète en est également une cause. De plus la troisième loi de Kepler permet aisément de déterminer l'altitude d'un satellite en orbite géostationnaire.

Cette orbite est la plus utilisée actuellement car la qualité des signaux est équivalente, voire supérieure à celle des autres orbites, mais il est beaucoup plus rentable d'utiliser ce type de satellite dans la mesure où l'avantage majeur est la possibilité d'employer sur Terre des antennes fixes. De plus, la position de cette trajectoire permet aux satellites d'avoir une grande ouverture qui vaut à peu près un hémisphère, environ 40% de la surface de la terre. Un seul satellite permet de relier des stations d'on l'éloignement peut atteindre 17000 Km. Avec trois satellites géostationnaires on peut assurer une couverture globale de la terre, en excluant les régions polaires.

Par contre, son altitude élevée entraîne quelques inconvénients. En effet, plus les zones à couvrir sont éloignées de l'Equateur, plus le signal mettra de temps pour arriver, et plus il y aura d'interférences. Il y a également un autre problème qui se dessine déjà pour cette orbite : le nombre de satellites en orbite géostationnaire devenant de plus en plus grand au fil des années, cette trajectoire commence à être très chargée. Les scientifiques prévoient aussi un danger pour les satellites en état de marche car les satellites dits " poubelles " qui n'ont plus d'énergie pour être opérationnels dérivent sans contrôler leur vitesse et peuvent alors détériorer les autres.

Remarque :

On peut également distinguer sous un autre résonnement :

- **Orbites hautes (HEO): (High Earth-Orbit) :** Ce sont des orbites elliptiques d'altitude d'environ 500Km et d'une apogée à une altitude d'environ 50000 Km ces orbites ont une inclinaison de $63^{\circ}.4$ afin de pouvoir communiquer avec des zones de l'hémisphère nord.
- **Orbites géostationnaires (GEO): (Géostationnaire –Earth- Orbit) :** Les orbites géostationnaires ont une orbite circulaire de 42164 Km de rayon dans un plan voisin de l'équateur et leur vitesse angulaire est égale à celle de la rotation de la terre.
- **Orbites moyennes (MEO): (Medium Earth-Orbit) :** Les orbites moyennes ont une altitude environ 10000Km et une inclinaison d'environ de 50° , la période de révolution de ces satellites est de 6H, et avec une constellation de 10 à 15 satellites pour assurer une couverture globale de la terre.
- **Orbites basses (LEO) (Low Earth –Orbit) :** Ce sont des orbites qui se situent a une altitude comprise entre quelques centaines de kilomètres et 2000 Km de la surface de la terre avec un délai de propagation du signal est de l'ordre des 10 à 20ms

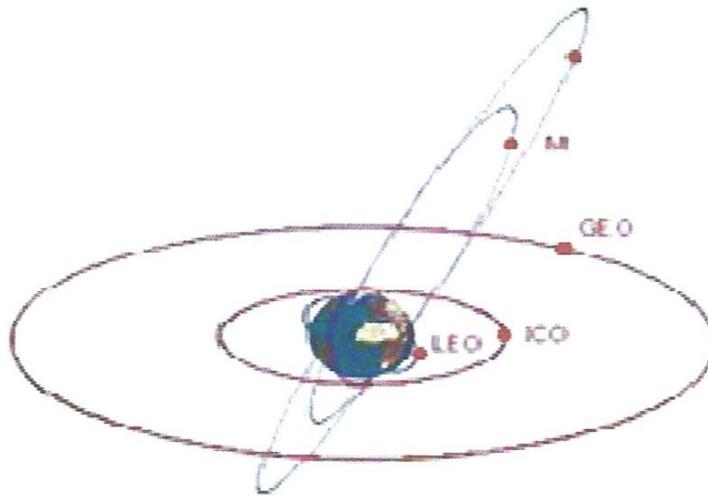


Fig.I.9 : Différents types d'orbites

	GEO Geostationary Earth orbit	MEO Medium earth orbit	LOE Low earth orbit
Altitude	36000 Km	2000 à 12000 km	800 à 2000 km
Type d'orbite	Circulaire	Elliptique ou circulaire	Elliptique ou circulaire
Plan de rotation	Equatorial	Quelconque	Quelconque
Temps de transmission Terre-satellite	240 ms	110 à 150 ms	Environ 50 ms
Permanence spatiale et temporelle (spatiale : Communiquer en tout point temporel : En un point à tout moment)	Oui 3 satellites Couvrent la terre (sauf les pôles)	NON (orbite défaillante) Constellation de satellites	Non (orbite défilante) Constellation de satellites
Applications	Téléphonie fixe, télévision, transmission de données	Téléphonie mobile, transmission de données	Téléphonie mobile, transmission de données
Débit	Jusqu' à 155 Mbit/s	De 9.6 à 38 Kbit/s	De 2.4 kbit/s 155 Mbit/s

Tab.I.1. Synthèse des caractéristiques des différents systèmes de satellite

I.5.2. Choix de l'orbite :

Le choix de l'orbite influence les paramètres suivants, en fonction de l'élévation minimale φ admissible au-dessus de l'horizon :

- zone de couverture (coverage) définit par l'angle au centre φ ;
- distance maximale de transmission d (slant range), dont dépendent l'affaiblissement maximal et le temps de propagation maximal ;
- demi-ouverture ν du cône vu du satellite.

Ces paramètres sont donnés par les relations trigonométriques suivantes :

$$\cos(\gamma + \varphi) = \frac{R}{R+h} \cos\varphi \quad [I.3]$$

$$d = (R + h)\sin(\gamma + \varphi) - R\sin\varphi \quad [I.4]$$

$$\nu = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \varphi) \text{ [Rad]} \quad [I.5]$$

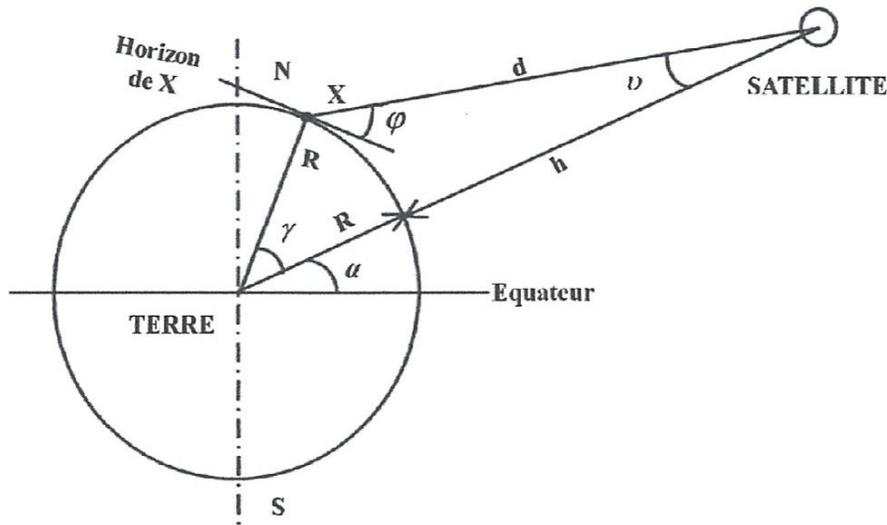


Fig.I.10. Paramètre de visibilité et de couverture

	<i>H</i>	<i>α</i>	<i>γ</i>	<i>ν</i>	<i>d</i>	Retard max. Terre-sat-Terre
GEO ($\varphi=5^\circ$)	35786 km	0°	76°23'	8°37'	41000 km	275 ms
MEO ($\varphi=30^\circ$)	≈10000 km	50°...90°	≈40°	≈20°	12200 km	≈80 ms
LEO ($\varphi=30^\circ$)	≈1000 km	50°...90°	≈11°	≈49°	1700 km	≈11 ms

Tab.I.2. valeurs typiques des paramètres d'orbite

L'accident survenu le 24 janvier 1986 à la navette CHALLENGER a retardé la mise en orbite des premiers satellites de la configuration opérationnelle. De plus les responsables du projet ont décidé d'abandonner la navette comme lanceur au profit des MLV DELTA II, ce qui a obligé à faire certains aménagements. Les lancements ont repris en 1989.

II.2. DIFFERENTS TYPES DE SYSTEME DE NAVIGATION :

II.2.1. GLONASS:

Le GLONASS est un système d'origine russe concurrent au système GPS, certains récepteurs intègrent les systèmes Glonass est GPS de manière à présenter une meilleure précision par obtention d'une valeur moyenne entre les deux systèmes.

II.2.2. ENSS:

L'ENSS est l'équivalent européen du système GPS, il a subi une très forte concurrence de la part du système américain GPS et s'avère peu ou pas utilisé.

II.2.3. GALILEO:

Le système Galileo sera compatible avec GPS et il est attendu qu'il y ait de nombreux développements de récepteurs mixtes GPS - GLONASS - GALILEO.

Néanmoins, il en sera indépendant, c'est-à-dire que si GPS est mis hors service GALILEO devrait continuer à fonctionner. Les premiers satellites étaient lancés en 2003 pour un ensemble pleinement opérationnel vers 2008.

II.3. COMPOSITION DU SYSTEME GPS :

Le système GPS est composé de trois segments :

- le segment spatial constitué d'un ensemble de satellites évoluant en orbite et formant une «cage d'oiseau» autour de la terre ;
- le segment sol ou segment de contrôle comportant une infrastructure de pilotage et de surveillance des satellites en orbite ;
- le segment utilisateur constitué par l'ensemble des utilisateurs civils et militaires recevant et tirant profit des signaux diffusés par les satellites.

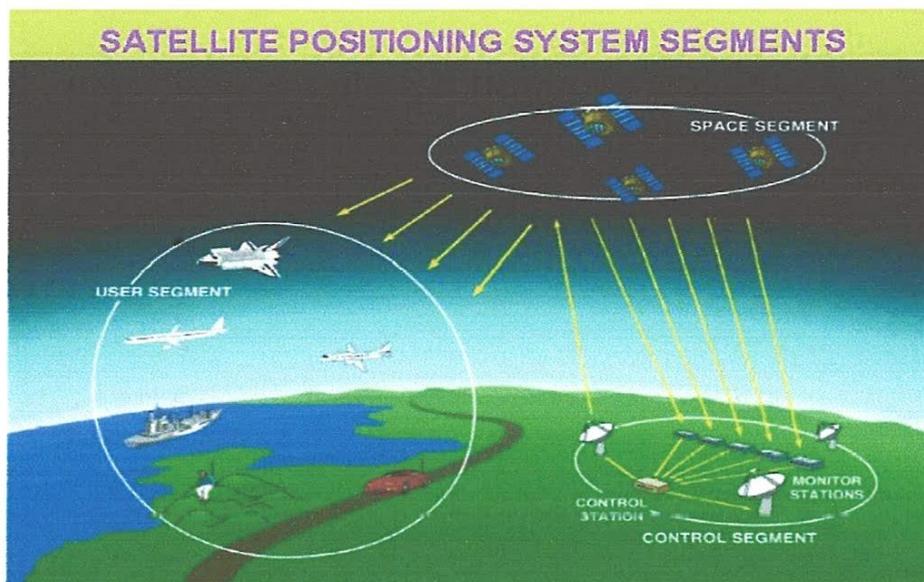


Fig.II.1 : Les segments de GPS

II.3.1. Segment spatial :

La constellation du système NAVSTAR (NAVSTAR: Navigation Satellite Timing And Ranging) devrait comprendre à l'origine 24 satellites. Suite à des réductions de budget le nombre a été ramené à 21 satellites, mais l'utilisation de 3 satellites de réserve devrait ramener la constellation à 24 éléments. Les satellites GPS parcourent une orbite quasi circulaire complète autour de la Terre en 12 Heures[6].

II.3.1.1. La géométrie du système:

Les 24 satellites composant la constellation sont répartis dans 6 plans distincts de 60° dont chacun à une inclinaison de 55° par rapport à l'équateur.

Chaque plan contient 4 satellites également espacés (angle de 90° entre 2 satellites d'une même orbite. Cette répartition des satellites permet de disposer en permanence d'un minimum de 4 satellites ayant une élévation supérieure à 9.5° . De plus elle assure la présence d'au moins 5 satellites observables au-dessus de l'horizon.[7]

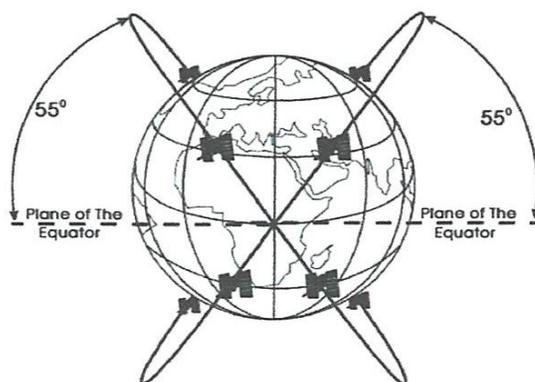


Fig.II.2 : géométrie du système

Trois autres satellites seront également placés en orbite. Ils seront destinés à pallier les pannes éventuelles dont pourraient être victimes les satellites de la constellation.

De plus, une analyse des performances du système en fonction de l'inclinaison des plans orbitaux a montré que le système était plus performant pour une inclinaison des plans orbitaux compris entre 60.5° et 63° . La limitation de 55° ayant été précédemment imposé par l'utilisation de la navette, il est donc possible que l'on revienne à une inclinaison de l'ordre de 60° [6].

II.3.1.2. Les blocs des satellites :

Il existe trois catégories de satellites GPS:

➤ Bloc I:

Satellites lancés entre 1978 et 1985. Tous les satellites du Bloc I sont maintenant hors service excepté un seul, qui est activé de manière périodique. Leur durée de vie est de 4,5 ans. Les satellites du bloc I ont contribué à la constitution de la phase initiale du système. La principale différence entre ces satellites et les générations suivantes est l'impossibilité de dégrader volontairement le signal transmis.

➤ Bloc II :

Lancés à partir de 1989, ils ont marqué à partir de 1993 le début de la phase opérationnelle du GPS. Il s'agit d'une flotte de 28 satellites, 21 en orbite plus 3 de réserve et 4 en stock pour remplacement. Ils sont plus performants, ils ont été équipés pour fonctionner en mode dégradé pour les civils (un système permettant d'activer ou désactiver, la mise en application de la S-A restreignant les possibilités d'utilisation du code C/A pour le service civil). Leur durée de vie nominale est de 7,5 ans.

➤ Bloc III:

Dernière génération de satellite mise en orbite à partir de 1996, dotés d'une horloge atomique plus précise (de type Maser à hydrogène qui remplacent les horloges au césium et rubidium du bloc II.), et ce changement apporte une amélioration de la précision de l'horloge dans un facteur de 10 se répercutant sur la précision finale atteignable. Ces satellites peuvent communiquer les uns avec les autres, permettant ainsi aux opérateurs du système de pouvoir communiquer avec des engins qui leurs sont inaccessibles sur dans une communication directe[6].

II.3.1.3. Numérotation des satellites :

Plusieurs systèmes de numérotations des satellites GPS coexistent :

- La numérotation du type Space Véhicule (SV) qui correspond à l'ordre de lancement des satellites et qui est lié à l'orbite.
- Le numéro PRN (Pseudo Range Noise) qui est celui que contient le message de navigation et qui est le plus souvent utilisé par les récepteurs et les logiciels de calculs
- La numérotation dans le catalogue de la NASA
- La numérotation internationale

II.3.2. Segment de Contrôle:

Ce sont des bases de contrôle au sol qui suivent chaque seconde la Trajectoire de chaque satellite. Elles sont réparties sur différents pays afin qu'au moins une station contrôle un satellite donné.

La station principale est située sur la Base Falcon Air Force dans le **Colorado**. Les autres sont situées dans **Hawaii** et **Kwajalein** (l'Océan Pacifique), **Diego Garcia** (l'Océan Indien) et **Ascension**(Atlantique). Il y a aussi quatre grandes antennes terrestres.

➤ Le rôle des stations :

C'est d'assurer le suivi des satellites, capter tous les signaux émis par les satellites, d'accumuler les messages reçus et de transmettre toutes les informations recueillies à la station principale qui gère toutes les transmissions ainsi que les calculs, mais aussi de leur envoyer les corrections d'erreurs de positionnement.

Ceci permet d'augmenter la fiabilité du système en permettant à tout instant de vérifier que les informations générées par chacun des satellites sont correctes[6].

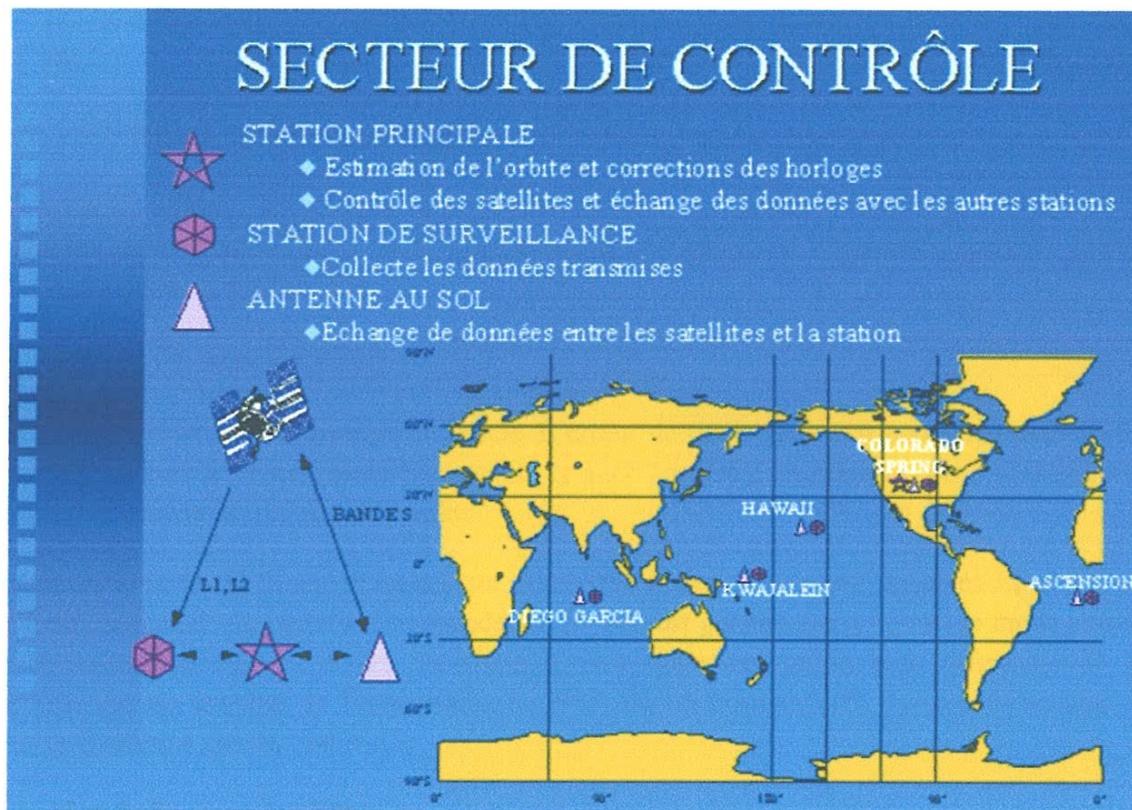


Fig.II.3 : Le secteur de contrôle

appelé L1, et qui contient le code d'acquisition dit « grossier » (C/A, coarse acquisition code), ainsi que les différents messages de navigation.

En cas de conflit, l'armée américaine peut supprimer totalement toute utilisation du GPS dans la zone de conflit, son fonctionnement restant inchangé en dehors de la zone de conflit[5].

II.5. RAPPELS SUR LE SIGNAL GPS :

Le Système GPS a une fréquence de base ($F_0 = 10.23 \text{ MHz}$) à partir de laquelle toutes les autres fréquences sont construites. Le système utilise deux porteuses:

- L1 à $1575.42 \text{ MHz} = 154 * F_0$
- L2 à $1227.60 \text{ MHz} = 120 * F_0$

Ces deux porteuses transmettent les données de navigation à l'aide d'une modulation à spectre étalé. On utilise pour la modulation deux codes différents, le P-code et le code C/A.

Le schéma de la génération du signal GPS est montré en **Figure II.4**. La porteuse L₁ est modulée en phase et en quadrature. Elle transmet en phase la séquence $P \oplus D$ et en quadrature la séquence $C/A \oplus D$. On a indiqué avec D les données de navigation et avec \oplus l'opérateur ou **exclusif** (XOR). La porteuse L₂ transmet en phase le signal $P \oplus D$, le signal P seulement ou le signal $C/A \oplus D$ selon la commande d'un commutateur.

On rappelle que chaque satellite est caractérisé par son propre code PRN.

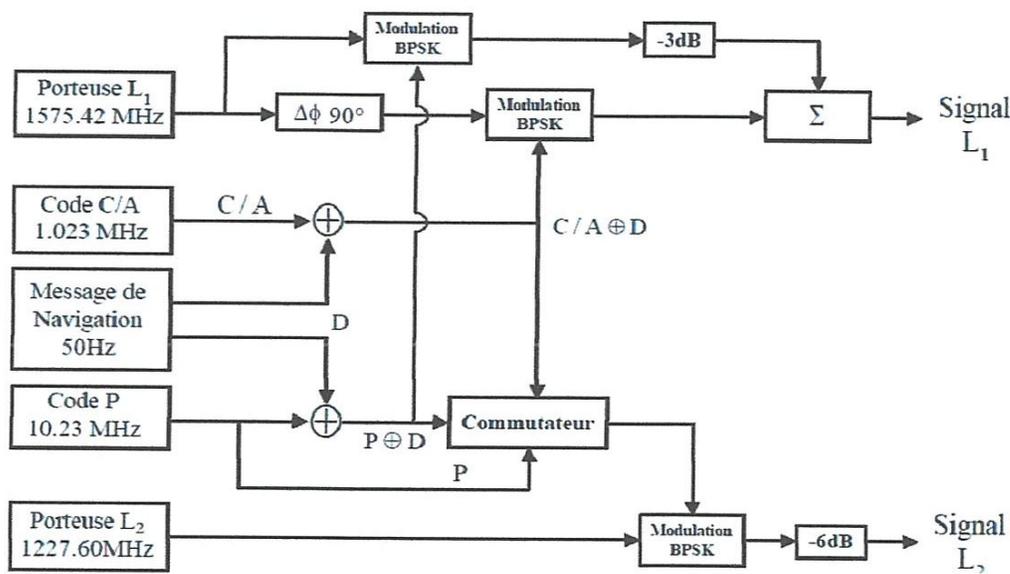


Fig.II.4 : Génération du signal GPS

On obtient ainsi un spectre de raies dont l'enveloppe est montrée en « Figure II.5 ». Le P-code génère une enveloppe en $(\sin x/x)^2$ dont le lobe principal a une largeur de 20.46 MHz. Le code C/A génère la même enveloppe avec une largeur du lobe principal de 2.046 MHz.

Tab. II.1 Puissance Minimum du Signal RF Reçu.

II.5.1 Les codes pseudo aléatoire :

Les codes pseudo aléatoires sont les suivants :

II.5.1.1. Le code C/A :

Disponible sur la porteuse L_1 pour les applications civiles (donc accessible à tous), c'est une série pseudo aléatoire de +/- 1 défini de façon déterministe par une fonction mathématique de période 1ms à une fréquence de $F_0/10 = 1,023$ MHz.

Un code spécifique est attribué à chaque satellite. La courte période de ce signal (1ms) permet au récepteur une acquisition et donc une identification rapide des satellites[5].

Le code C/A est généré à partir de deux configurations linéaires de dix étages « figure II.7 ».

Ces deux registres produisent deux polynômes générateurs :

$$\begin{aligned} \text{➤ } G1 &= 1 + x^3 + x^{10} \\ \text{➤ } G2 &= 1 + x^2 + x^3 + x_6 + x^8 + x^9 + x^{10} \end{aligned}$$

Le vecteur d'initialisation des registres G1 et G2 est : 1111111111

La sortie du deuxième registre G2 provient d'un jeu de deux étages de ce registre qui additionnés avec la sortie du premier registre G1 produit l'un des trente-six codes possibles.

C'est le choix de la combinaison des deux étages de sortie du registre G2 qui produit l'ensemble de la famille des codes C/A possibles.

La fréquence d'horloge 1,023 MHz est dérivée de la fréquence d'horloge du P-code et l'on fait en sorte que le premier élément du code C/A soit synchrone du premier élément du P-code. La période des codes C/A produits est de 1 ms[4].

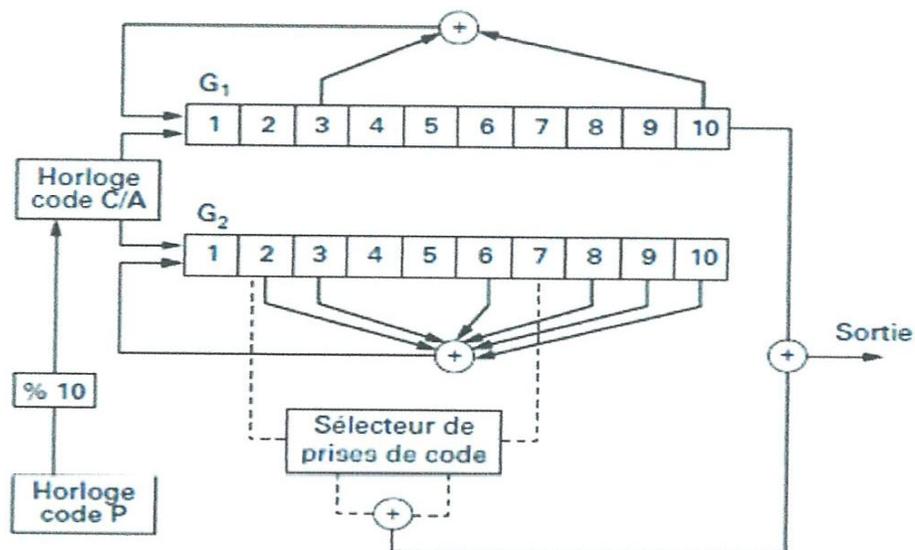


Fig.II.7 : Générateur de code C/A

II.5.1.2. Le code P/Y :

Disponible sur les deux porteuses L_1 et L_2 pour les applications militaires. Le P-Code est une série pseudo aléatoire de fréquence $F_0 = 10,23$ MHz.

Le P-code est généralement rendu inaccessible aux civils par l'activation d'une fonction dite A-S qui encode le P-code. Ce code n'est accessible qu'aux utilisateurs possédant des clés de décryptage comme l'armée américaine et certains de ses alliés. Ses caractéristiques sont inconnues et il est donc impossible de le reproduire.

Les différents satellites émettent tous sur les mêmes fréquences (L_1 et L_2), mais un code individuel leur est assigné[5].

II.5.2. Le contenu du signal GPS :

Nous allons à présent décrire brièvement les données de navigation contenues dans le signal GPS et la façon dont elles sont ordonnées.

II.5.2.1. Format du message :

Le signal émis par un satellite est composé de trames de 1500 bits. Chaque trame est divisée en sous trames contenant chacune 10 mots de 30 bits. Comme le débit du message est de 50 bits/sec, une trame est donc émise en 30 secondes.

Les sous trames 1, 2 et 3 contiennent un message qui en général ne change pas d'une trame à l'autre. Ce sont des informations indispensables à la navigation, qui sont répétées toutes les 30 secondes. Les sous trames 4 et 5, quant à elles sont réservées à des messages plus longs mais moins

importants en conséquence, il y a 25 messages différents pour les sous trames 4 et 5. On appelle alors trame principale l'ensemble des 25 trames différentes ; elle dure 12,5 minutes.

Les mots de 30 bits se décomposent en 24 bits d'information et 6 bits de parité : les mots sont donc codés, à l'aide d'un code de Hamming étendu. On rappelle qu'un code de Hamming permet de corriger une erreur de transmission[5].

II.5.2.2. Contenu du message :

Pour qu'un utilisateur puisse déterminer sa position à l'aide du signal satellite, il faut qu'il connaisse la position des satellites et la distance qui le sépare de ceux-ci.

Les satellites GPS doivent donc émettre des éléments permettant de calculer leur position, ainsi que l'âge de ces informations, afin de déterminer les satellites à utiliser en priorité pour obtenir une meilleure précision. Tous ces éléments se retrouvent dans les sous trames 1, 2, et 3, répartis comme suit :

Sous trame	1	2	3
Contenu	N° du satellite. N° de semaine. Age des données. Précision, état de santé du satellite. Coefficients de correction de l'horloge.	Paramètres d'orbite (éphémérides)	Paramètres d'orbite (éphémérides)

Tab.II.2 : Contenu des sous trames du signal GPS

Les éphémérides contiennent les paramètres orbitaux du satellite ainsi que leurs coefficients de correction.

Les sous trames 4 et 5 décrivent, quant à elles, les almanachs (données relatifs à chaque satellite) de tous les satellites en orbite et leur état de santé. L'almanach permet de calculer approximativement la position d'un satellite, et de déterminer s'il est visible ou pas. De plus, il donne une idée grossière de la vitesse relative du satellite et ainsi de l'effet Doppler à prendre en compte pendant l'acquisition. La sous trame 4 contient également les coefficients du modèle ionosphérique, qui permet d'affiner le calcul de la distance satellite récepteur. Notons pour conclure que le segment de contrôle du système GPS (les stations fixes au sol qui supervisent les satellites) calcule et rafraîchit les éphémérides régulièrement (une fois par jour), et transmet les nouvelles informations aux satellites.

Comme ces corrections ne sont pas rafraîchies simultanément, l'utilisateur a intérêt à utiliser les plus récentes (l'âge des données étant donné dans la sous trame 1).

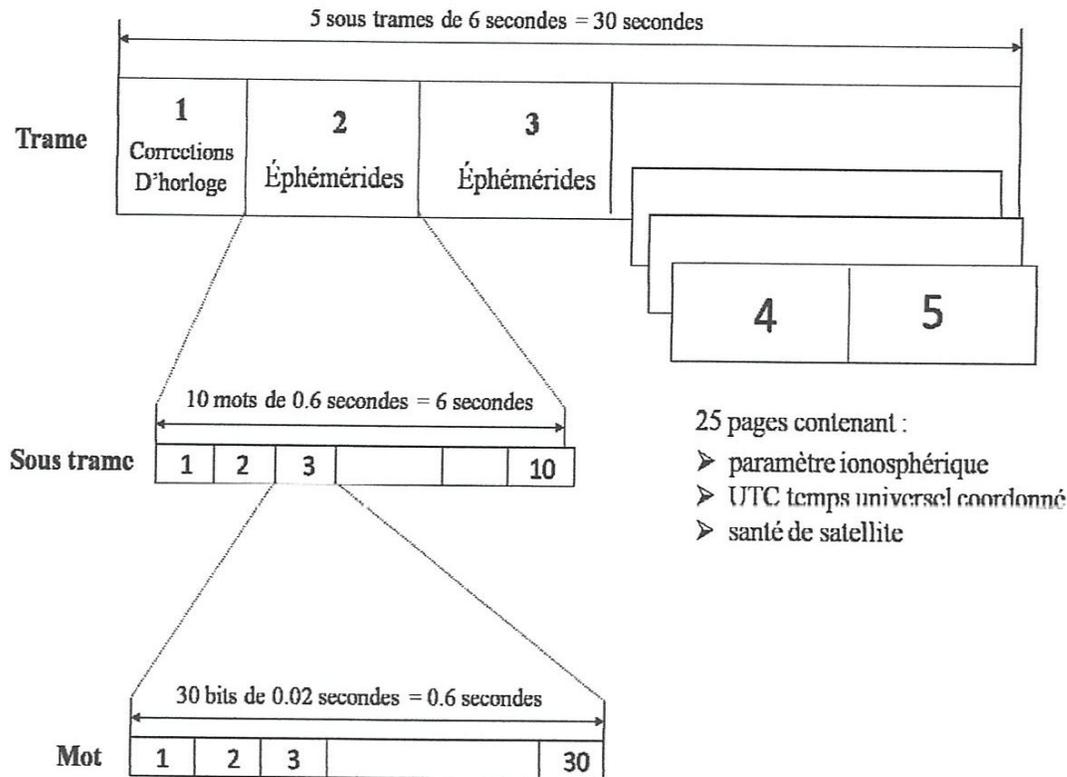


Fig.II.8 : Le format de message

Les informations spécifiques à chaque satellite, comme les corrections d'horloge et les éphémérides des satellites sont répétées en totalité dans toutes les « phrases » (les 900 premiers bits), soit toutes les 30 secondes pendant 18 secondes.

Les informations générales dont le contenu change à chaque phrase sont transmises en totalité en 12,5 minutes (durée nécessaire pour 25 phrases)[5].

II.6. Acquisition du signal GPS :

Le signal reçu diffère du signal émis pour plusieurs raisons :

- Le bruit du canal de transmission le décalage temporel dû au temps de propagation et aux décalages des horloges de l'émetteur et du récepteur le décalage fréquentiel dû à l'effet **Doppler** et aux instabilités des horloges d'émission et de réception.
- La conception du récepteur doit tenir compte des incertitudes des signaux et de leurs Variations. Des principes de détection et d'atténuation de décalage temporel et fréquentiel sont à l'étude. Le signal GPS présente de nombreux avantages essentiellement liés à son non détérioration lors de l'émission et de la propagation, mais il est également facile à acquérir, à décomposer et il est riche en informations [5].

II.7. LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU GPS :

II.7.1. Les avantages :

- Le GPS permet d'obtenir un positionnement précis en n'importe quel point du globe
- Ce système est totalement indépendant des conditions atmosphériques, de la topographie du terrain ou des différentes interférences radioélectriques (le signal de navigation est normalement protégé du brouillage par un très fort étalement du spectre). De plus, son non dépendance en luminosité permet son utilisation de jour comme de nuit.
- L'utilisation du système est gratuite: seul l'achat du récepteur GPS entre en compte et les prix ne cessent de chuter.
- L'utilisateur est anonyme : le récepteur étant passifs.
- Le système est robuste : l'altitude des satellites de plus de 20 000 Km est une distance qui demande des ressources considérables pour une destruction physique. De plus, l'espacement entre les satellites est optimisé pour éviter une destruction multiple.
- Le système est en constante évolution et de nouvelles applications ne cessent d'apparaître.

II.7.2. Les inconvénients :

- Le manque d'intégrité du système GPS : on définit l'intégrité d'un système comme sa capacité à prévenir l'utilisateur en temps opportun lorsque le système ne doit pas être utilisé parce que ses performances sont trop dégradées.
- Cette incapacité à avertir les utilisateurs d'un dysfonctionnement dans un délai raisonnable est aujourd'hui sa faiblesse la plus critique: en effet, un satellite GPS peut délivrer des informations erronées pendant plusieurs minutes avant d'être réparé ou neutralisé sans en avertir les utilisateurs.
- Le segment de contrôle qui analyse l'ensemble des signaux destinés aux utilisateurs détecte un dysfonctionnement avec un délai de 15 à 20 minutes. Cet inconvénient limite l'utilisation du GPS dans certains secteurs. Par exemple, les exigences de la sécurité de l'aviation civile imposent de ramener le délai à moins de 10 secondes.
- Le système GPS, qui appartient aux militaires américains, accentue l'emprise des Etats-Unis sur le monde.

Chapitre III

Principe de Positionnement

III.6. VISIBILITE ET DISPONIBILITE DES SATELLITES :

Les utilisateurs du GPS doivent savoir quels satellites suivre à quel moment et où les trouver, pour obtenir de meilleurs résultats. La terminologie permettant de décrire la visibilité des satellites est présentée ci-après suivie d'un exposé sur leur géométrie, leurs azimuts et leurs hauteurs, sur l'accès sélectif et sur l'antileurrage (ou antibrouillage).

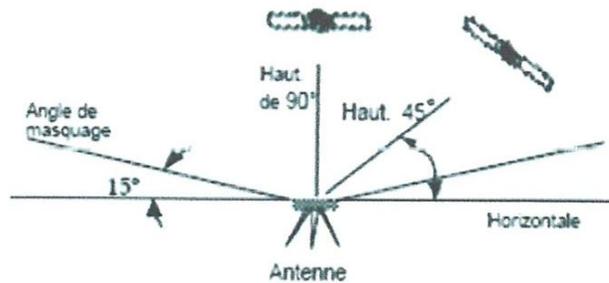


Fig. III.13 : hauteurs et angles de masquage

La position des satellites par rapport à un point particulier sur la Terre est décrite en termes de leur hauteur et de leur azimut.

La hauteur d'un satellite est l'angle entre l'horizontale et la ligne de visée du satellite à l'emplacement de l'antenne (désignée «Haut.» à la « Fig. III.13 »).

L'azimut est l'angle mesuré dans le sens horaire entre le nord et la position du satellite dans le ciel (désigné «AZ.» à la «Fig. III.14»).

Les récepteurs et les logiciels de traitement GPS comportent habituellement une option qui permet d'adopter un angle de masquage particulier (aussi appelé angle de coupure). L'angle de masquage est la hauteur sous laquelle les signaux GPS ne sont pas enregistrés ou utilisés Fig III-8 Un satellite est dit «visible» à un moment donné s'il se trouve au-dessus de l'angle de masquage adopté et supposant l'absence de tout obstacle.

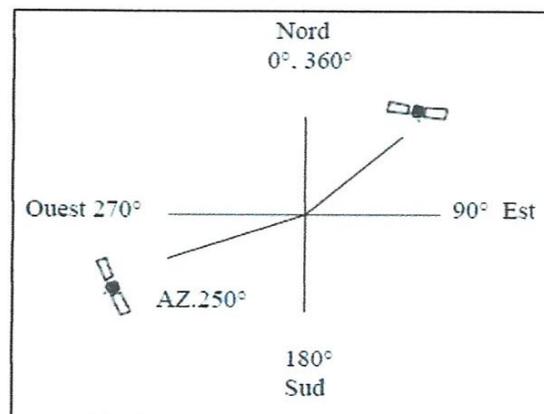


Fig. II.14 : Azimut

- **La troposphère :**

C'est la couche basse de l'atmosphère située de 8 à 15 km. Le retard troposphérique est d'environ 2 m pour un satellite au zénith jusqu'à 30 m pour une élévation de 5°. Il dépend de la température, de la pression et de l'humidité.

- **Les éphémérides:**

La précision des orbites radiodiffusées est de l'ordre de 2 à 20 m.

Ces erreurs sont partiellement ou complètement corrigées par la technique du GPS différentiel DGPS et les modes opératoires [5].

III.7.3. Erreur liées à l'environnement :

- **Le multi trajet :**

Ce phénomène apparaît lorsque le signal issu du satellite arrive au récepteur après avoir suivi un autre chemin que le trajet direct en particulier après réflexion sur un obstacle. Des antennes et récepteurs performants permettent de réduire cet effet.

- **Le récepteur :**

La qualité des récepteurs (nombres de canaux, qualité de l'horloge, antenne de réception, traitement du signal...) influe sur la précision du positionnement.

- **Dilution de la précision:**

Une géométrie des satellites défavorable provoque une imprécision dans le résultat.

Ces erreurs sont partiellement corrigées par les modes opératoires [5].

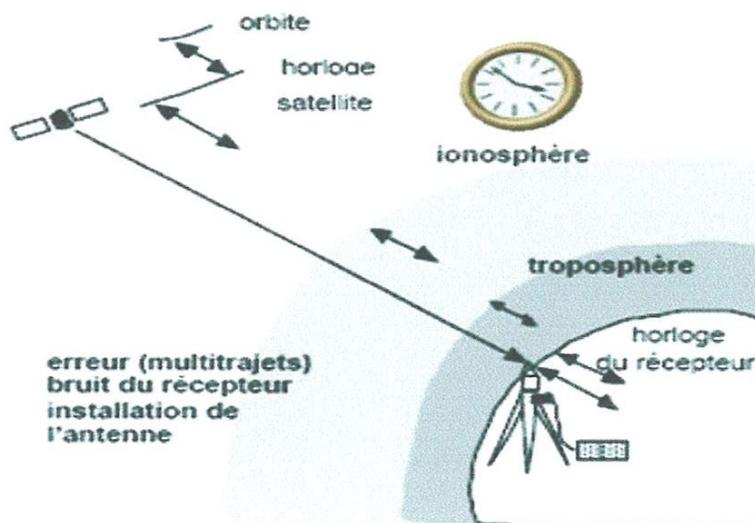


Fig.III.17 : Erreurs courantes

- mais aussi une partie variable en fonction de l'azimut et de l'élévation du satellite et ce pour chacune des longueurs d'ondes, de plus, les centres de phase pour les deux porteuses L_1 et L_2 ne sont pas identiques.

Des tables de corrections de la position du centre de phase en fonction de l'élévation et de l'azimut du satellite émetteur peuvent être utilisées, ces tables sont utilisées dans la modélisation des observations théoriques.

Chapitre IV

RECEPTEUR GPS

INTRODUCTION

Les systèmes de navigation et de positionnement par satellite occupent et occuperont une place de plus en plus importante dans la vie quotidienne pour un nombre grandissant d'applications. Les récepteurs captent et analysent les signaux émis par une constellation de satellites. Les systèmes les plus connus sont GPS et GLONASS; vers 2012 le système Galileo sera opérationnel. Malgré la simplicité apparente de la technique, le traitement des signaux et le calcul de la position d'un récepteur sont complexes. Le récepteur décrit ici concerne le système GPS, mais la description est généralisable aux autres systèmes.

IV.1. TYPES DES RECEPTEURS :

Les récepteurs GPS peuvent, selon leurs caractéristiques, être sous-divisés en trois catégories:

- Les récepteurs multi-canaux.
- Les récepteurs séquentiels.
- Les récepteurs multiplex.

IV.1.1. le récepteurs multi-canaux :

Les récepteurs multi-canaux constituent le top-niveau des récepteurs GPS. Ils sont généralement utilisés pour des applications ultra précises ou dans des applications de positionnement dynamique. Ces récepteurs disposent d'un canal de réception par satellite, par lequel chaque satellite peut être suivi en continu. On peut également faire une distinction entre les récepteurs SPS et les récepteurs PPS. Les récepteurs SPS mesurent uniquement les codes C/A et les phases L_1/L_2 alors que les récepteurs PPS peuvent également faire des mesures sur le P-code [6].

IV.1.2. Le récepteur séquentiels :

Les récepteurs séquentiels existent en version un ou deux canaux. Le deuxième canal est généralement utilisé pour l'acquisition d'un satellite initial et pour recevoir le message de navigation. L'autre canal traite les satellites un après l'autre avec une fenêtre d'observation typique de 1 seconde par satellite. Cela implique, pour chaque satellite, une courte phase d'initialisation. Une des conséquences de cette méthode est que le récepteur peut seulement déterminer une position tridimensionnelle toutes les 4 à 5 secondes. En outre, cette position est moins précise puisque les mesures des différents satellites ne sont pas effectuées en même temps [6].

IV.1.3. Le récepteur multiplex :

Les récepteurs multiplex forment un compromis entre les récepteurs multi-canaux et séquentiels. Ils peuvent, malgré un principe de Fonctionnement analogue à un récepteur séquentiel, et grâce à une conception améliorée, faire un enchaînement entre les différents satellites en moins de 20 millisecondes. Grâce à cette haute fréquence de traitement, on élimine le temps d'initialisation nécessaire pour les récepteurs séquentiels. Pour les récepteurs multiplex, comme pour les récepteurs séquentiels, le message de navigation est téléchargé, pour chaque satellite, d'une manière asynchrone. C'est pourquoi le premier calcul de position demande plus de temps [6].

IV.2. ARCHITECTURE GENERALE D'UN RECEPTEUR GPS :

Un récepteur GPS est constitué de sous-ensembles parfaitement délimités. On distingue :

- une antenne.
- Un préamplificateur à faible bruit.
- un module radiofréquence (RF).
- un module numérique.
- une interface utilisateur (clavier et afficheur).
- une alimentation.

L'architecture générale d'un récepteur est la suivante :

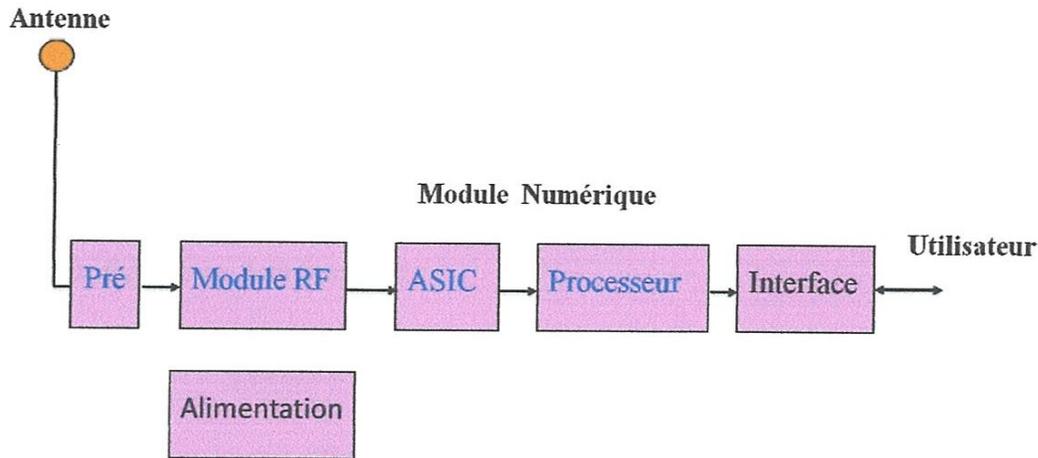


Fig. IV.1 : Architecture générale d'un récepteur GPS

IV.2.1. L'antenne :

L'antenne convertit l'énergie des ondes électromagnétiques en provenance des satellites en un courant électrique capable d'être traité par les circuits électroniques du récepteur.

La taille et la forme de l'antenne sont critiques et doivent être adaptées aux signaux reçus.

L'antenne peut capter uniquement L_1 ou L_1 et L_2 . La polarisation circulaire droite du signal rend préférable l'utilisation d'une antenne de même caractéristique. Plusieurs types d'antennes sont présentés au paragraphe suivant.

La mesure de la hauteur de l'antenne est une tâche à laquelle l'observateur doit apporter un soin particulier en raison de la possibilité d'erreurs grossières. La hauteur de l'antenne est la distance verticale entre le repère et le centre de la phase de l'antenne. La plupart des mesures de la hauteur d'antenne sont effectuées en deux étapes : on mesure d'abord la distance verticale entre le repère et la base de l'antenne, puis on ajoute le décalage connu entre la base de l'antenne et son centre de phase [6].

IV.2.2. Le préamplificateur à faible bruit :

Le rôle du préamplificateur à faible bruit est d'amplifier le signal utile tout en minimisant le niveau du bruit thermique. Le niveau des signaux captés est très faible.

Le préamplificateur doit donc amplifier ces signaux sans dégrader de façon notable leur qualité. Ce sous-ensemble doit se situer à proximité de l'antenne pour limiter la dégradation du rapport signal à bruit. Un câble coaxial permet d'une part, de transmettre le signal au récepteur lui-même et, d'autre part d'alimenter le préamplificateur.

Un filtre en tête atténue les fréquences hors bande. Celui-ci peut être à large bande recouvrant les fréquences de L2 à L1 ou sélectif à double bande. Le choix du filtre dépend de l'application. Au minimum, un filtre non sélectif est nécessaire pour supprimer les fréquences images du signal avant la transposition de fréquences [5].

IV.2.3. Le module RF :

Le module RF assure la transposition des signaux L1 et L2 (le cas échéant) vers des fréquences plus faibles, appelées fréquences intermédiaires (IF). Ces IF permettent de traiter plus aisément le signal. La transposition est effectuée grâce au battement, ou produit du signal d'entrée avec une sinusoïde pure ; appelée oscillateur local (LO), générée par un synthétiseur de fréquence. Ce dernier est piloté par l'horloge à quartz du récepteur. Le signal IF contient la modulation du signal. Seule la fréquence porteuse a été décalée en préservant la dérive due à l'effet doppler. Les filtres IF offrent des bandes étroites adaptées au signal. Un dispositif de contrôle automatique de gain (GAC) régule le niveau du bruit (le signal est largement sous le bruit thermique avant sa compression par l'opération de corrélation). Le signal est numérisé après un échantillonnage, la conversion A/N a lieu directement en fréquence intermédiaires IF à quelques mégahertz pour les récepteurs C/A. ceci autorise une plus grande souplesse dans le traitement numérique pour pouvoir, par exemple prendre en compte d'autres satellites (Glonass ...) [5].

IV.2.4. le module numérique :

Les premières architectures de récepteurs GPS ont été analogiques. Les récepteurs d'aujourd'hui traitent numériquement le signal au plus tôt dans la chaîne. Les circuits numériques remplacent les circuits analogiques en fonction de leurs performances et de leur coût. Dans le module numérique, on distingue principalement un ou deux circuits ASIC (Application Specific Integrated Circuit) dédiés au traitement GPS et un processeur de signal. On trouve également les circuits traditionnels d'une structure programmé (mémoires, ports d'interface,...)[5].

- Le circuit ASIC assure les premiers traitements des signaux GPS. L'ASIC est contrôlé par un processeur de signal numérique. Celui-ci réalise les fonctions asservissement des signaux des satellites, la démodulation des messages de navigation, les calculs de navigation....
- Le processeur d'un récepteur traite le signal des satellites, collecte les données du message de navigation et estime les pseudo-distances et les pseudo-vitesses pour calculer une solution. Pour accomplir ces tâches, le logiciel GPS est décomposé en plusieurs fonctions.

Les fonctions principales sont :

- **La gestion des satellites :**

Affecte les satellites aux canaux disponibles du récepteur. Et détermine la stratégie de recherche des satellites, les satellites visibles et leur attribution à un canal libre.

- **La gestion d'un canal :**

Gère un canal pour différents états, recherche, acquisition, accrochage du code et de la porteuse par la phase ou la fréquence, démodulation du message de navigation....

- **La navigation :**

Fournit la position, la vitesse et le temps à partir des mesures bruitées et des données du message de navigation.

IV.3. CARACTERISATION DE L'ASPECT RECEPTEUR :

La figure « IV.3 » montre la structure générique d'un récepteur GPS numérique. Etant donné qu'il s'agit d'un système à spectre étalé, les fonctions fondamentales sont:

- La synchronisation des boucles de code et de porteuse.
- La corrélation pour les dés étalement.
- le calcul de navigation à partir des données reçues :
 - Les fonctions (1 et 2) sont réalisées pour chaque canal du récepteur par le bloc canaux numérique.
 - La fonction (3) par le bloc traitement données navigation

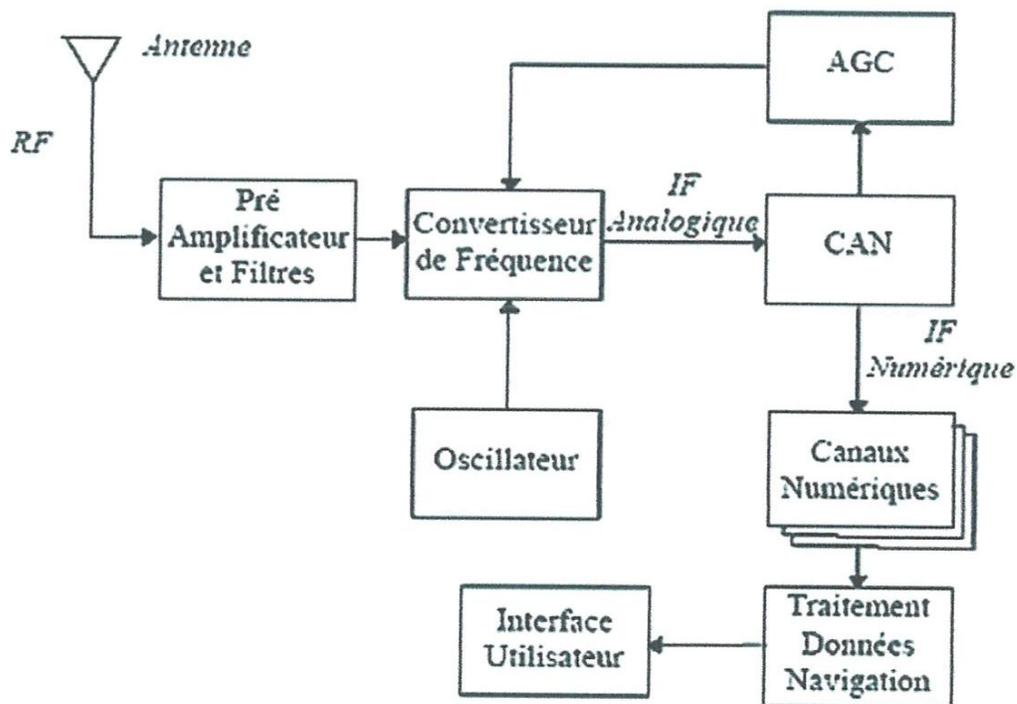


Fig. IV.3 : Structure d'un récepteur GPS

On remarque qu'une des caractéristiques d'un récepteur numérique est le calcul numérique de la corrélation et des boucles de poursuite. Dans un récepteur analogique, cette opération était effectuée avant la conversion A/N; il fallait donc un CAN pour chaque canal.

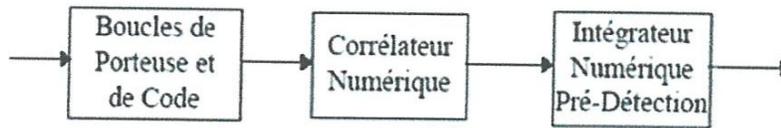


Fig. IV.4 : Structure d'un canal numérique

Le canal numérique est composé par une FLL et PLL

- Une FLL (Frequency Lock Loop) : qui assure la recherche et le maintien de fréquence de la porteuse
- Une PLL (Phase Lock Loop), qui assure la synchronisation du code reçu avec le code généré localement imbriquée avec un corrélateur qui effectue l'opération de dés étalement.

Il s'agit de la structure de base, en forme simplifiée On ne s'intéresse pas ici aux différentes structures possibles, ni aux politiques de gestion des opérations de recherche et de maintien de la synchronisation [5].

Un autre point à mettre en évidence est la présence d'un contrôle automatique de gain (AGC, Automatic Gain Control) qui effectue une normalisation du signal avant son échantillonnage et discrétisation. En fait, le CAN travaille sur une plage d'amplitude fixe, comprise entre les valeurs extrêmes d'amplitude $[-A_{max}, +A_{max}]$. Tous les signaux dont l'amplitude dépasse ces valeurs sont écrêtés.

Or la puissance du signal GPS a une plage de variation assez restreinte, qui peut par contre devenir beaucoup plus importante en présence d'autres signaux dans la bande. Il est donc indispensable de recadrer le signal avant le CAN pour éviter une forte probabilité d'écrêtage avec la conséquence néfaste d'une génération d'harmoniques dans la bande GPS.

IV.4. FORMAT « RINEX » :

Le format RINEX (Receiver INdependent EXchange), est un format standard qui permet d'enregistrer les observations et des données du message satellite sous la forme d'un fichier au format ASCII.

Ce format permet en particulier de combiner des observations faites avec des récepteurs de marques différentes ce qui est impossible en format constructeur qui dépend du matériel.

De plus si on utilise le format RINEX, un seul logiciel est nécessaire tandis qu'en format constructeur il faut autant de logiciels que de format, ou bien des programmes d'interfaçage entre les formats.

Ce format d'échange est structuré en six fichiers ASCII :

- Un fichier des observations.
- Un fichier des données météorologiques.
- Un fichier de message de navigation.
- Un fichier de message de navigation GLONASS.
- Un fichier de message de navigation GEO.
- Un fichier d'horloge satellite, récepteur.

Chaque fichier contient une en tête et un bloc d'information, l'en tête comporte des informations globales sur le fichier entier, elle se trouve au début du fichier.

Chaque ligne d'enregistrement contient 80 bites, on trouve le nom d'en tête dans les colonnes 61-80.

Chaque fichier d'observation et des données météorologiques contient les données d'un site et d'une session, RINEX version 2 peut inclure des informations pour plus d'un site consécutivement [6].

Le nom des fichiers est codifié de la manière suivante : **ssssdddf.yyt**

Avec :

- **ssss** : l'identifiant du site.
- **ddd** : le numéro du jour dans l'année pour le premier enregistrement.
- **f** : numéro de la session.
 - 0** : fichier contient toutes les données courantes.
- **yy** : les deux derniers chiffres de l'année.
- **t** : le type du fichier (O pour le fichier d'observation, M pour le fichier météorologique, N pour le fichier de navigation, G pour la navigation du GLONASS et H la navigation GEO).

IV.5. SYNCHRONISATION DE L'HORLOGE DU RECEPTEUR :

Afin d'ajuster son horloge, le récepteur GPS utilise l'intersection des cercles de position. So l'horloge du récepteur est en avance, le temps de propagation du signal apparaît plus long que le temps réellement mesuré par le signal pour parvenir au récepteur. Celui-ci positionnera alors les satellites plus loin qu'ils ne le sont dans la réalité et les cercles de position seront plus grands qu'ils ne le devraient.

Si l'on prend trois cercles de positionnement par rapport à trois satellites, ces cercles se chevauchent, formant une zone au centre de laquelle l'on devrait se situer. Le récepteur retardera alors son horloge jusqu'à ce que cette zone coïncide avec le cercle de position, lorsque l'horloge du récepteur est en avance.

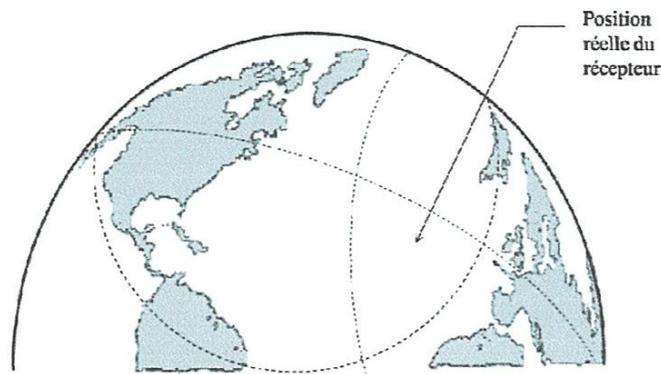


Fig. IV.5 : Horloge du récepteur en avance

Au contraire, lorsque l'horloge du récepteur est en retard, il voit les cercles de position plus petits qu'ils ne sont en réalité. Les cercles s'écartent les uns des autres. La figure « IV.5 » nous montre un exemple où le récepteur doit avancer son horloge jusqu'à ce que les trois cercles se coupent au même endroit.

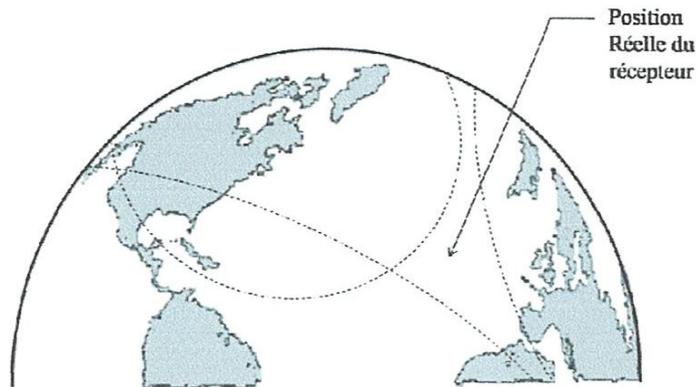


Fig. IV.6 : Horloge du récepteur en retard

Lorsque l'horloge du récepteur GPS est parfaitement synchronisée sur celle des satellites, les trois cercles se coupent exactement en un point (voir figure « IV.6 ») [7].

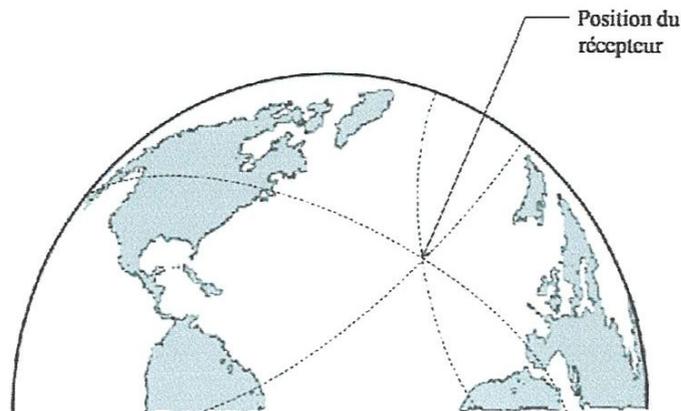


Fig. IV.7 : Horloge du récepteur synchronisée

IV.5.1 Précisions fournies :

Quelle est la véritable précision d'un GPS ? Distinguons tout d'abord la précision horizontale et la précision verticale. La précision horizontale informe sur l'erreur possible de la position reportée sur une carte par rapport à la position réelle. La précision verticale indique l'erreur possible de l'altitude calculée par le récepteur GPS (par rapport au niveau de la mer).

- **Précision horizontale :**

Depuis que la dégradation volontaire de la précision du GPS (SA) a été supprimée en mai 2000, les récepteurs GPS fournissent pour la plupart une position horizontale avec une incertitude inférieure à 22 mètres dans 95% des cas.

Dans 1.99% des cas, elle peut être comprise entre 22 et 65 mètres et supérieure à 65 mètres dans 0.01 % des cas. Ces valeurs sont des maximums théoriques, mais signifient que chaque jour l'erreur horizontale fournie par le GPS pour être supérieure à 22 mètres pendant une durée totale de 1 heure et 12 minutes et supérieure à 65 mètres pendant près de 9 secondes.

L'erreur de positionnement horizontal dépend principalement des délais introduits par l'ionosphère, elle est très variable suivant le lieu, les conditions atmosphériques et le matériel utilisé. Cependant, on observe généralement avec un bon récepteur GPS une précision de l'ordre de 5 à 10 mètres 95% des cas et meilleure que 15 mètres sans 99.9 % des cas. C'est cette valeur de 15 mètres que l'on retiendra pour tout positionnement sur une carte ; toutefois cette valeur ne représente qu'un peu plus d'un demi-millimètre sur une carte au 25000.

La précision de la longitude fournie par le GPS (est-ouest) n'est pas identique à celle fournie pour la latitude (nord-sud). De plus, la précision n'est pas constante sur toute la surface de la terre et dépend de la latitude à laquelle on se trouve.

Les récepteurs compatibles WAAS/Egnos permettent aujourd'hui de porter cette précision à moins de cinq mètres. Dans la pratique, on observe généralement une précision comprise entre un et deux mètres dans 95% des cas [7].

- **Précision verticale (ou altitude) :**

L'erreur verticale théorique est de l'ordre de 50 mètres dans 95% des cas. Les raisons d'une précision verticale moins bonne que l'horizontale sont multiples. On remarque que plus le satellite utilisé n'est haut dans le ciel, meilleure sera la précision verticale obtenue. Toutefois, il y a moins de chances pour qu'un satellite se situe au-dessus de 45° de l'horizon qu'en dessous. Généralement, il n'y a que deux ou trois satellites au-dessus de 45° pour 8 satellites visibles. De plus, il n'est pas possible qu'un satellite se situe au-dessous de récepteur à moins d'être à plusieurs milliers de mètres d'altitude.

Cette précision verticale n'est que théorique et peut très bien être dégradée suivant la façon dont le récepteur sélectionne les satellites. En effet, certains récepteurs ont plutôt tendance à sélectionner les satellites au-dessous de 45° d'élévation par rapport à l'horizon, afin d'améliorer la précision horizontale, ce qui dégrade alors la précision verticale. Outre la qualité du récepteur, la précision

verticale dépend d'autres facteurs tels que la qualité du récepteur, la précision verticale dépend d'autres facteurs tels que la latitude : au-delà de 65° de latitude, on observe jusqu'à 40% de dégradation de la précision verticale.

La précision verticale généralement observée avec un bon appareil est de l'ordre de 12 mètres dans 95% des cas. Cependant il a été observé que l'altitude fournie par le récepteur GPS ne correspondait pas toujours à l'altitude indiquée sur les cartes. Cette différence supérieure à la précision théorique, est principalement due à la précision du géoïde modélisé par le récepteur GPS. Les récepteurs compatibles WAAS/Egnos permettent de déterminer l'altitude avec une erreur inférieure à sept mètres. Dans la pratique, on observe une erreur comprise entre trois et cinq mètres dans 95% des cas [7].

- **Précision de la vitesse :**

Le calcul de la vitesse relève de plusieurs méthodes. La plus simple est de calculer la vitesse de déplacement entre deux mesures successives de la position. La seconde méthode utilise l'effet doppler, c'est-à-dire le décalage de la fréquence des signaux reçus en fonction de la vitesse relative du récepteur avec le satellite. Cette méthode est plus précise, mais dépend en grande partie de la qualité du matériel utilisé. Les récepteurs utilisent en général une combinaison des deux méthodes.

La précision de valeur affichée varie fortement en fonction des récepteurs. En pratique, avec un bon matériel, on observe une indication de la vitesse horizontale avec une erreur inférieure à 0.7 km/h, dans 95% des observations. L'indication de la vitesse verticale est souvent donnée avec une erreur inférieure à 1 km/h dans 95% des observations [7].

- **Précision de l'heure :**

L'heure est transmise avec une précision de 200 (ns) dans 95 % des cas, pour obtenir une telle précision il est indispensable d'avoir un récepteur de très bonne qualité et que celui-ci soit parfaitement immobile. C'est de toute façon un des systèmes les plus fiables, qui permet de connaître l'heure n'importe où avec une très grande précision [7].

VI.6. APPLICATIONS DU GPS :

La navigation en temps réel est l'une des applications élémentaire et principale du GPS. Tout objet mobile muni d'un récepteur GPS peut connaître en temps réel sa position et sa vitesse dans un repère terrestre. La précision attendue pour un tel mode de navigation est de 10 à 15 mètres sur sa position et de quelques centimètres par seconde sur sa vitesse si l'utilisateur utilise le code précis et une centaine de mètres dans le cas contraire.

Que ce soit sur terre, sur mer, dans les airs ou dans l'espace, ces performances excellentes et le faible coût du récepteur GPS, fait de ce système un instrument de navigation très prisé. Seule la navigation civile aérienne est encore réticente pour des raisons techniques (l'intégrité du système, c'est à dire la certitude dans un temps très court, que tel ou tel satellite fournit ou non des données correctes, n'est pas assurée, et il faut installer de lourds moyens de surveillance de la constellation GPS) et politiques (il faut beaucoup de garanties pour faire accepter par la communauté

internationale un instrument essentiel de navigation qui est entièrement dans les mains des militaires d'un pays). Mais la navigation en temps réel est loin d'être l'unique application du GPS.

- **Applications Militaires**

Des essais de guidage de bombes ont eu lieu dans le désert de Yuma. Les bombes ont été larguées à une altitude de 10 000 pieds (environ 3 kilomètres). L'erreur maximale entre la déflagration et la cible initiale était en moyenne de 56 pieds (17 mètres). L'application directe du GPS se trouve dans l'utilisation des missiles de croisière. A priori, le système NAVSTAR n'est pas approprié au guidage de missiles intercontinentaux (ou de tout autre de missiles) en terrain ennemi sur des milliers de kilomètres. Cependant l'utilisation de la navigation par GPS permet d'accroître les performances de certains missiles utilisés par le DoD. Pour les bombardiers utilisant le système NAVSTAR, pour déterminer la position de leurs cibles, peuvent potentiellement détruire de 400 à 600% d'unités ennemies de plus qu'en utilisant les systèmes de localisation habituels.

- **Applications Civiles**

Le système NAVSTAR est financé par des organismes militaires. Pourtant, nombreuses sont les applications civiles. Le GPS présente des avantages non négligeables vis-à-vis des conditions atmosphériques mais également vis-à-vis de sa non-dépendance en luminosité (signal accessible jours et nuits). Ainsi il donne lieu à de multiples utilisations :

L'utilisation du système NAVSTAR par d'autres satellites. Certains satellites d'observation de la surface terrestre utilisent le GPS pour déterminer leur position. Le GPS leur permet de calibrer très précisément les images qui leur sont commandées.

L'orbitographie des satellites de haute altitude La constellation NAVSTAR permet un positionnement précis aux satellites de basse et moyennes altitudes mais lorsqu'on franchit les 20 200 Km d'altitude des satellites GPS, le positionnement est plus délicat. Au-delà de cette altitude on ne peut recevoir des signaux GPS que des satellites situés dans l'hémisphère opposé de celle où l'on se trouve. La plupart de ces signaux sont cachés par la terre, ceux qui proviennent des satellites plus excentrés sont très affaiblis. Le système GPS reste cependant exploitable pour des satellites muni d'antennes à gain très important. La géométrie des satellites utilisables n'étant pas optimum, la précision atteinte reste très en dessous de celle des satellites de basse altitude.

Pour les compagnies d'ambulances ou les services de police responsables de la vie et de la sécurité des citoyens mais aussi pour les compagnies de taxis désireuses d'améliorer leur efficacité, il est capital de connaître instantanément la position de chaque véhicule d'une flotte. Grâce au GPS, il nous est possible de visualiser directement la position d'un véhicule sur un écran. Ce système de localisation automatique de véhicule s'appelle AVLS. Un AVLS comprend :

- les équipements embarqués sur les véhicules
- le centre de commandement et de conduite
- la liaison de télécommunication

Le système GPS présente plusieurs avantages pour ces applications de localisation de véhicules :

Chapitre V

L'APPLICATION

INTRODUCTION

Le GPS TrackMaker permet des communications de données bidirectionnelles entre les récepteurs GPS et l'ordinateur, y compris toutes les données d'édition et des options de stockage.

Plus de 24 satellites en orbite qui envoient des informations sur la terre. Le Récepteurs de GPS peut recevoir ces signaux continuellement. Ils reçoivent au moins 3 satellites, le système GPS calcule la position et la direction de déplacement sur le terrain. L'exactitude des informations GPS augmente avec le nombre de satellites reçus.

Les données satellitaires stockées dans le récepteur GPS peuvent être transférées à un PC en tant que Waypoints, Tracklog et routes. Le GPS TrackMaker reconnaît ces données, permettant à l'utilisateur de les modifier avec une interface graphique simple.

Les caractéristiques de GPS TrackMaker sont :

- Compatible avec plus de 160 modèles de récepteur GPS. Il supporte les plus grandes marques que sont : Garmin, Magellan, Lowrance, Eagle, MRL, Brunton et bien d'autres ;
- Il supporte plus de 280 systèmes de coordonnées ;
- Ouvert vers l'extérieur, non seulement par les extensions de fichiers qu'il accepte, mais également par la passerelle vers la cartographie sur Internet.

V.1. OUVRIR UN FICHIER ET ANALYSE :

- > Maintenant revenons dans TrackMaker et faisons « ouvrir un fichier ».
- > Choisir le type de fichier GPS Exchange file. Nous Allons dans le dossier **ad hoc** et sélectionner le « fichier .gpx ».



Fig.V.1 : Fenêtre «Ouvrir fichier »

Le circuit s'affiche alors.

- > Ouvrir un fichier et analyse

V.3. ADAPTATION ET CALIBRATION D'UNE IMAGE AERIENNE :

V.3.1. Téléchargement et préparation de la photo aérienne :

- > Avec Google Earth On fixe l'image sur une zone voulue, puis on copie l'image.

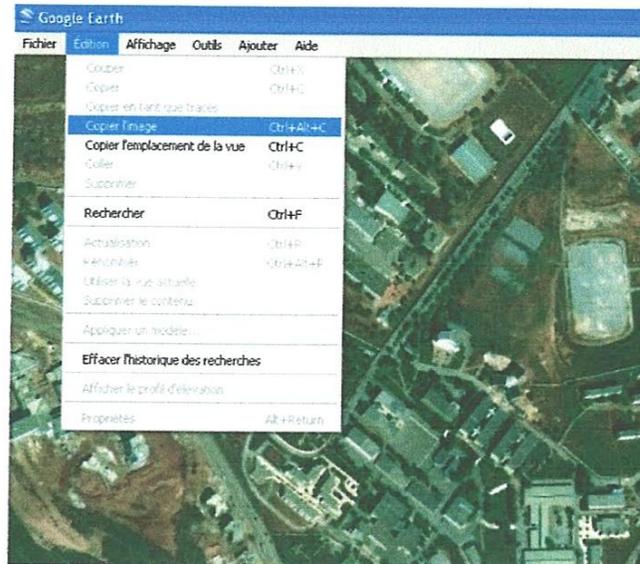


Fig.V.8 : l'image sur une zone voulue

- > On fait coller l'image dans le logiciel **Photo-Filter** afin d'adapter le format en (image.jpg).
- > On effectue une opération d'augmentation de la résolution, pour avoir une image claire.
- > Enregistrement de la photo sur le bureau.

V.3.2. Calibration de la photo :

- > Lancement de l'application TrackMaker à partir de l'icône sur le bureau. la fenêtre suivante apparaîtra.

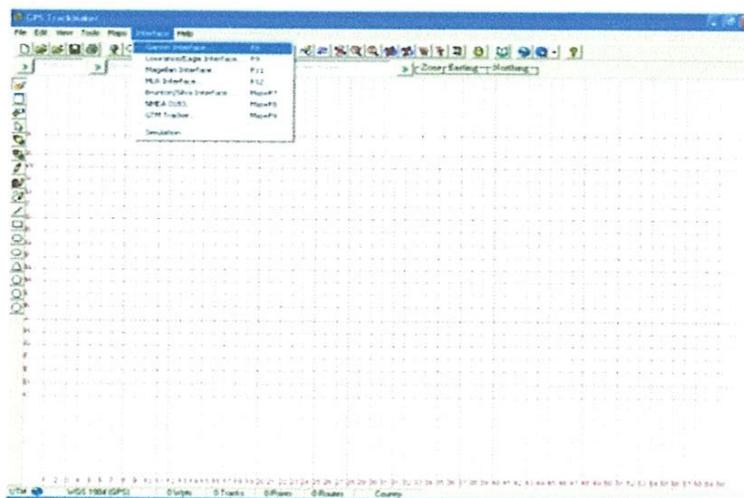


Fig.V.9 : L'interface du programme Trackmaker

- > Nous vérifions est ce que **TrackMaker** utilise le bon système de coordonnées. pour cela nous Allons dans le menu Tools -> Options, la fenêtre ci-dessous apparaîtra. on vérifie les points suivants:
- Dans **Units**, la longueur doit être en km et l'altitude en m.
 - Dans **Coordinates**, on sélectionne « **Deg/min/sec** » (pour afficher les coordonnées en latitude et en longitude).

Dans **Datum**, on sélectionne l'ellipsoïde de référence WGS84. Ce dernier définit le modèle mathématique de la forme du globe utilisé pour calculer les coordonnées.

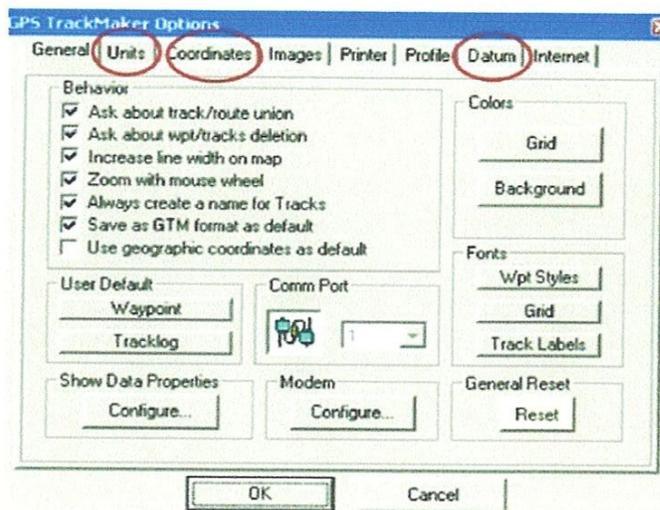


Fig. V.10 : La fenêtre « GPS Trackmaker options »

- > Nous allons maintenant charger dans TrackMaker la photo aérienne. On vérifie auparavant que l'échelle de la grille qui apparaît à l'écran soit suffisamment grande, les distances doivent s'exprimer en *m* et non en *km*. Tournez pour cela la molette de la souris.

Ensuite on Charge le fichier photo_aerienne.jpg en cliquant sur l'icône  (avec format .jpg).

- > Une fois que la photo apparaît, la molette de la souris vous permet de régler l'échelle alors qu'en cliquant sur le bouton droit vous pouvez déplacer la photo.

La photo aérienne du campus a été prise par le satellite à une altitude proche de []. Cette photo n'est pas calibrée, les coordonnées ne sont pas connues.

Dans sa version gratuite, TrackMaker peut calibrer cette photo mais ne corrige pas les faibles déformations. Il faut lui fournir au minimum 2 points dont les coordonnées sont connues exactement

- > On Clique sur l'icône « Map Image properties »  ou sur la photo aérienne avec le bouton gauche de la souris et choisie « image propeties ».

Une fenêtre de « image propriétés » s'affiche.

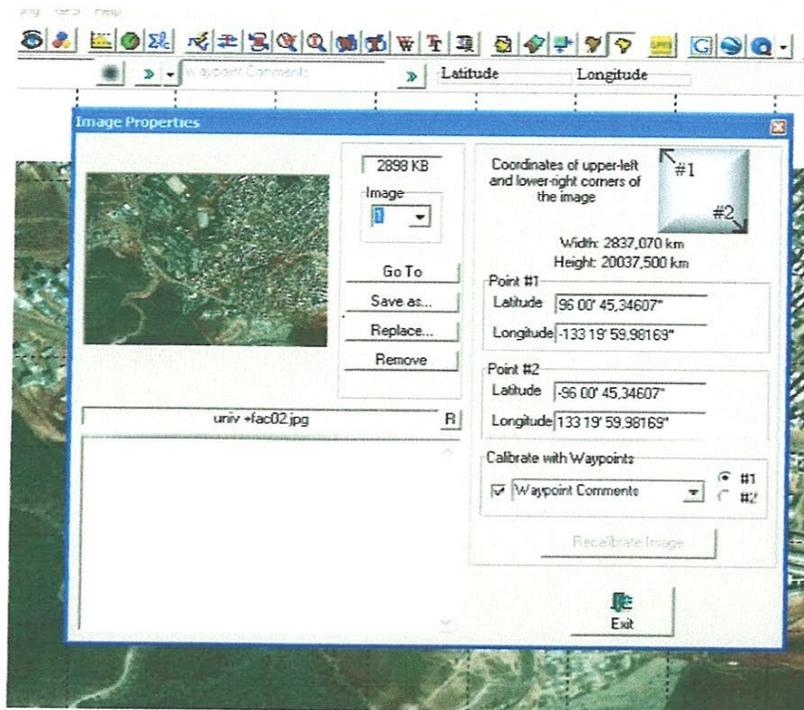


Fig. V.11 : La fenêtre « Image Properties »

- > On fait entrer les coordonnées des points (latitude et longitude) et on clique sur « recalibrate Image » et en fin sur «Exit».
- > Il est essentiel que cette calibration se fait avec soin, sinon tout ce qui suit sera inexploitable
- > La photo est désormais calibrée.

V.3.3. Désignation des éléments de base

V.3.3.1. Créer les Waypoints:

Dans cette partie, on va voir

- La Création d'un Waypoint
 - La Création d'un Waypoint sur une trace
 - Le déplacement d'un Waypoint.
- **Création d'un Waypoint :**
 - > Pour la création d'un Waypoint, on sélectionne l'outil "Pencil Tools" .
 - > On clique avec le bouton gauche de la souris sur les points (villes, places, ponts, passages,...) que nous souhaitons définir.

Une fenêtre s'ouvrira déjà, alors nous pouvons modifier les champs.

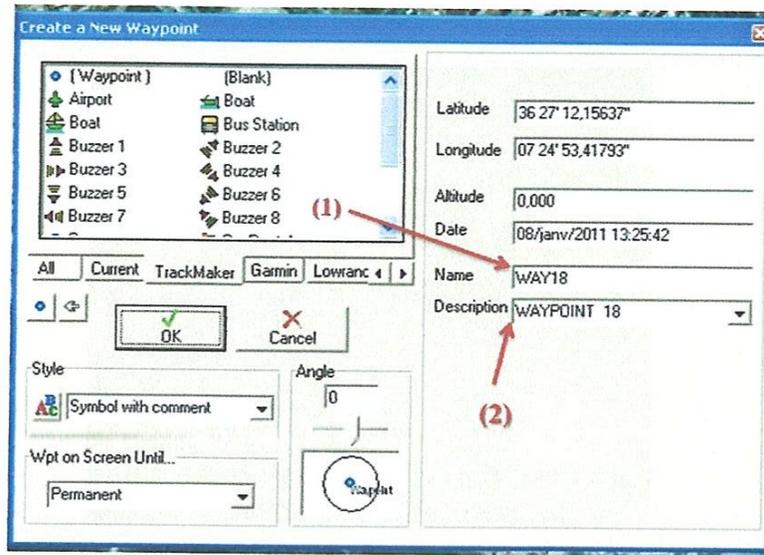


Fig.V.12: La fenêtre « create a new waypoint »

On peut modifier le Nom (1) et description(2) de Waypoint

- > Après les modifications on clique sur « OK », Le Waypoint s'affiche alors sur la photo.



Fig. V.13 : Affichage d'un Waypoint sur la photo

Remarque :

Pour modifier Style d'écriture ; On clique sur l'icone «Edit Waypoint style»  ; Une fenêtre « Waypoint styles »s'affichera. Par la suite on clique sur l'icône « Edit Font » , s'affichera la fenêtre « police », on fait les modifications nécessaires et on clique sur OK.

- **Création d'un Waypoint sur une trace**

- > On sélectionne le mode « Detect Elements »  .

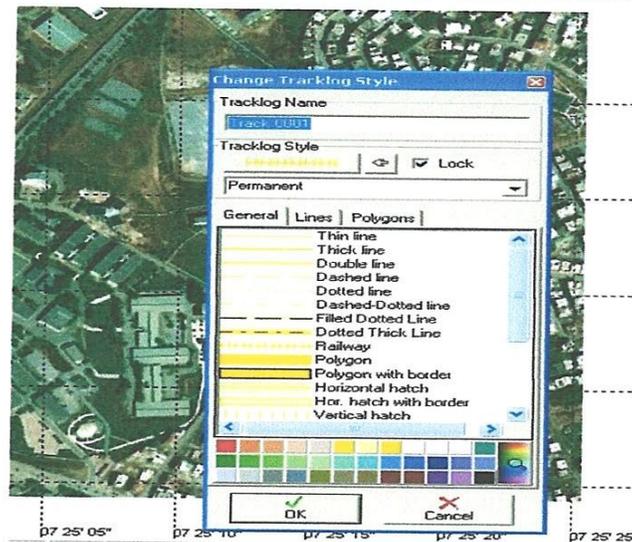


Fig. V.16 : la fenêtre « change Tracklog style »

- > Pour modifier le Nam et style de Tracklog, on clique sur « OK ».

Après avoir terminé la trace, Nous aurons des informations sur le nombre de segments. Dans notre exemple, nous avons une trace qui fait 1.536 Km et qui est composée de 3 segments.



Fig. V.17 : La fin du tracé

❖ Comment réduire la taille d'une trace :

Si par exemple nous souhaitons transférer cette trace dans un récepteur GPS, elle sera certainement composée de plus de segments que nécessaire, ce qui va augmenter la taille de l'image.

- > Pour réduire la taille. On sélectionne le mode " Tracklog Reducer" .
- > On Sélectionne la résolution, plus le chiffre est petit plus faible sera la résolution de la trace.

On coche "Let Selected Tracklogs on Exit", cela nous évitera de re-sélectionner la trace d'origine

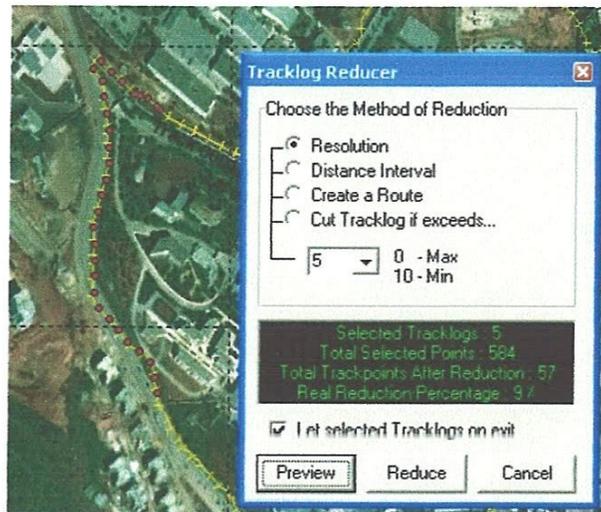


Fig. V.18 : la fenêtre « Tracklog Reducer »

Nous avons maintenant deux traces. La nouvelle trace porte le même nom que la trace mère.



Fig. V.19 : Affichage deux traces sur la photo

❖ Suppression d'une trace :

- > Pour supprimer la trace d'origine : on Choisit « select data » , sélectionnez la trace et cliquez sur la fonction "Delete" dans le menu "éditer"

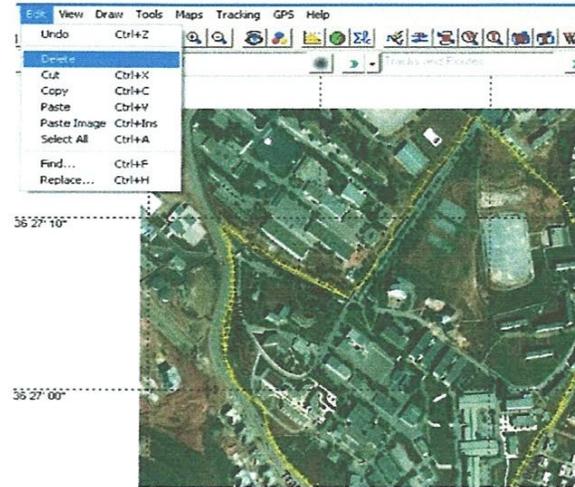


Fig. V.20 : Suppression d'une trace

- **Deuxième méthode:**

- > On sélectionne le mode "Line Drawing Tool" .
- > On clique sur le point de début et on fait glisser la souris sur la nouvelle position. Chaque clique créa un nouveau sommet de la Tracklog.
- > On Commence le tracé, au premier segment, une fenêtre s'affichera
- >

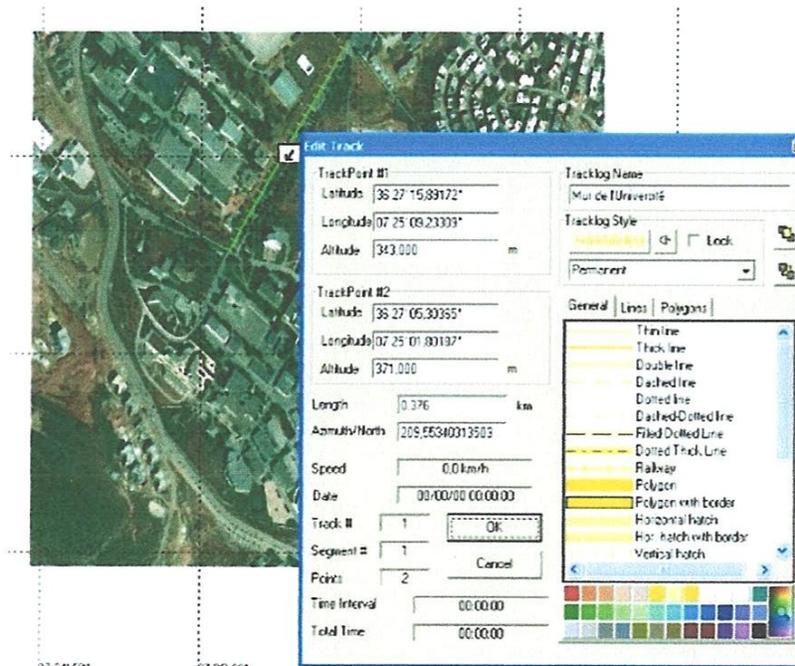


Fig. V.21 : la fenêtre « Edit Track »

On peut modifier le Nam et style de Tracklog, en fin on clique sur « OK ».

- > Pour conclure la Tracklog, on clique avec le bouton droit de la souris

Après avoir terminé la trace, Nous aurons des informations sur le nombre de segments. Dans notre exemple, nous avons une trace qui fait 1.536 Km et qui est composée de 1 segment.

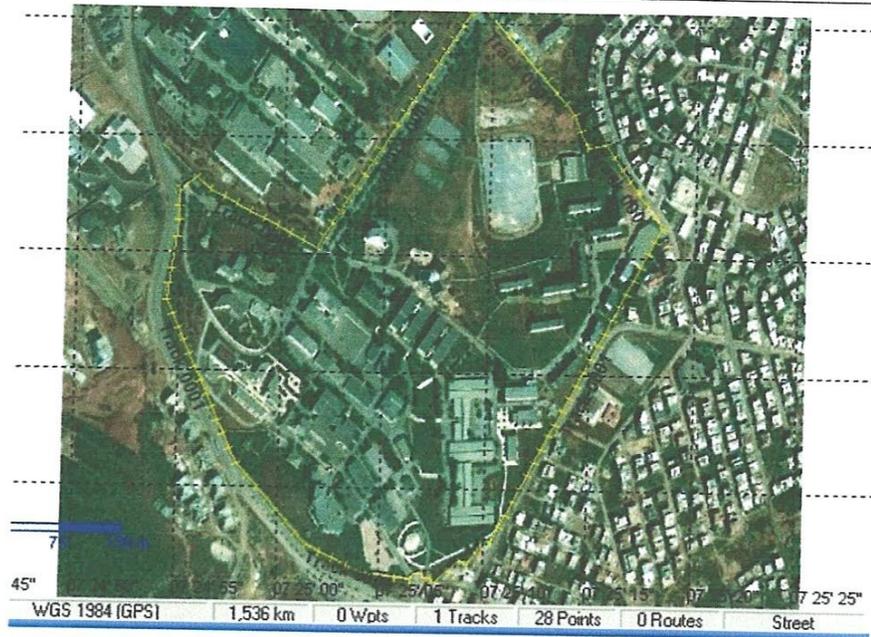


Fig. V.22 : Affichage le traces sur la photo

V.3.3.3. Création des routes

Une route est une séquence de points, pour se mettre en mode création de route :

- > On clique sur l'icône "Create Routes"  ou précédé de «Ctrl+R».
- > On détermine les Waypoints nécessaires de la route qu'on veut créer.
- > On clique sur le premier Wapoint et ensuite sur le deuxième constituant notre route.

Une fenêtre s'ouvrira dans laquelle nous pouvons modifier le nom de la trace.

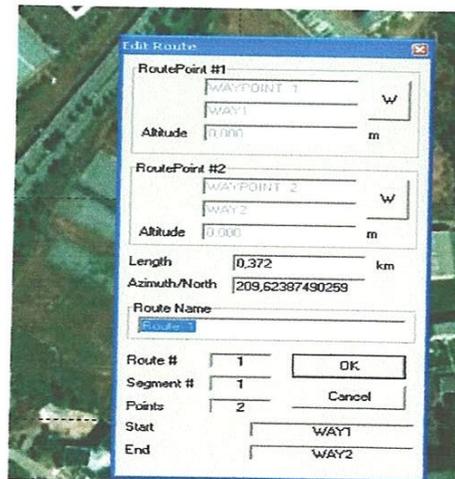


Fig. V.23 : La fenêtre « Edit route »

- > Enchaînez ensuite les Wapoint.

Une fois le tracé de la route terminé, on clique sur « Create Routes » pour désactiver le mode tracé de route.

V.3.4. Enregistrement le travail :

Après avoir terminé notre travail, nous allons à la phase d'enregistrement :

On clique sur l'icône « Save File»  « Ctrl+S » ou nous Allons dans le menu **File** -> **Save File**, la fenêtre ci-dessous apparaîtra.

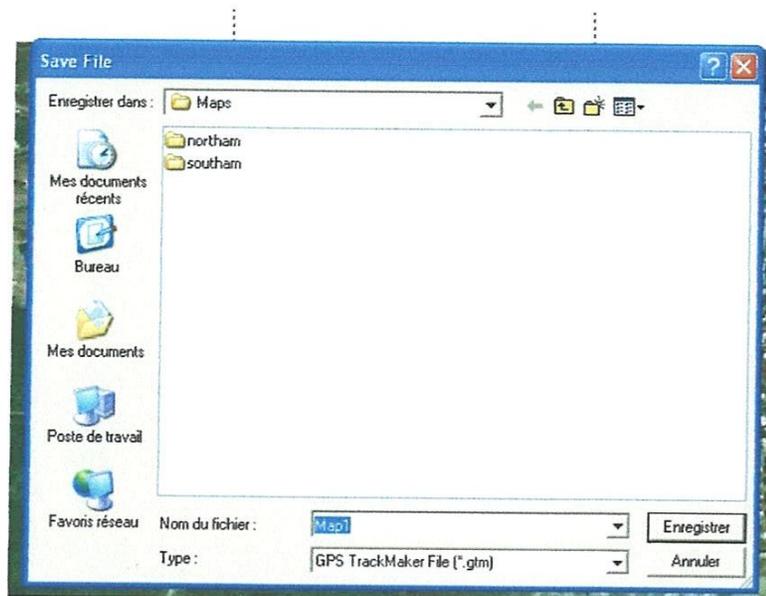


Fig. V.24 : La fenêtre «Save file »

On choisi le Nom et le Type de Fichier à enregistrer.

Un panorama des différents formats de fichier supporté par TrackMaker sont donnés :

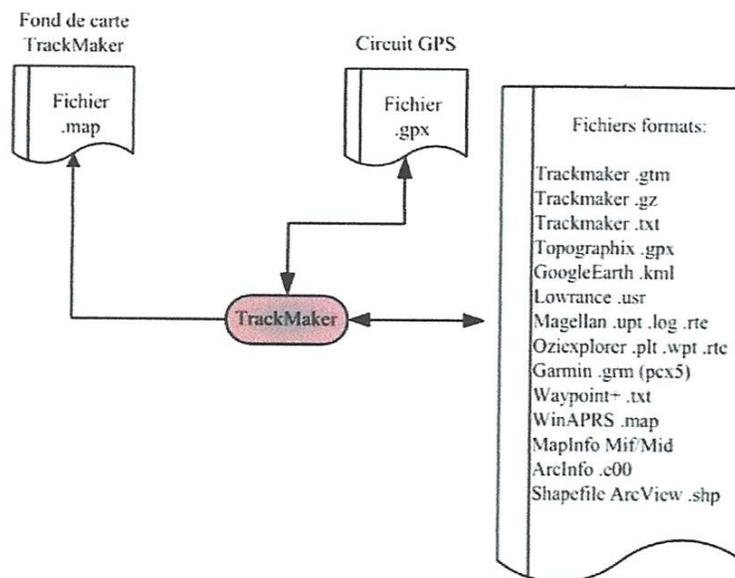


Fig. V.25. Les Différents formats de fichiers

V.3.5. communiquer avec le récepteur GPS :

TrackMaker permet une communication bidirectionnelle avec le récepteur GPS. Il est possible d'envoyer et recevoir des Traces, Routes et Points. Il supporte les ports Série et USB et les récepteurs GPS des marques : Lowrance, Eagle, Magellan, MLR, Brunton, Garmin, Silva, GTM Tracker.

On s'assure que le récepteur est bien configuré pour communiquer avec l'ordinateur. Il faut choisir le protocole de communication de récepteur.

Nous Allons dans le panneau de gestion des interfaces, pour cela on clique sur le menu GPS

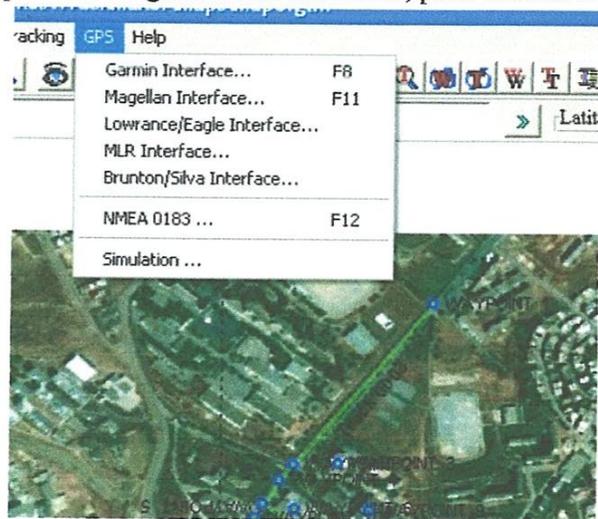


Fig. V.26 : le choix de l'interface de récepteur GPS

Si notre connexion est série nous aurons ce panneau, on clique alors sur "identification du produit »

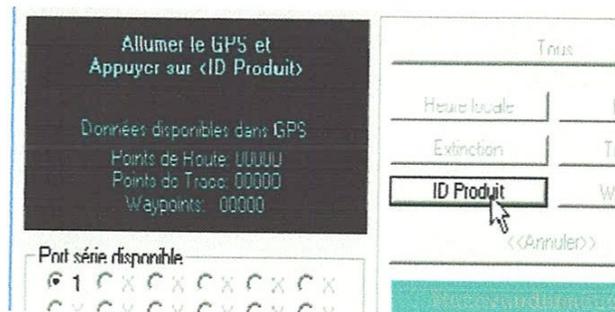


Fig. V.27 : connexion série avec le récepteur GPS

Et si notre connexion à travers le port USB, nous aurons ce panneau, on clique alors sur "identification du produit "



Fig. V.28 : connexion USB avec le récepteur GPS

Nous avons alors les caractéristiques de récepteur GPS dans la fenêtre.

- > On Coche « envoyer données vers GPS »

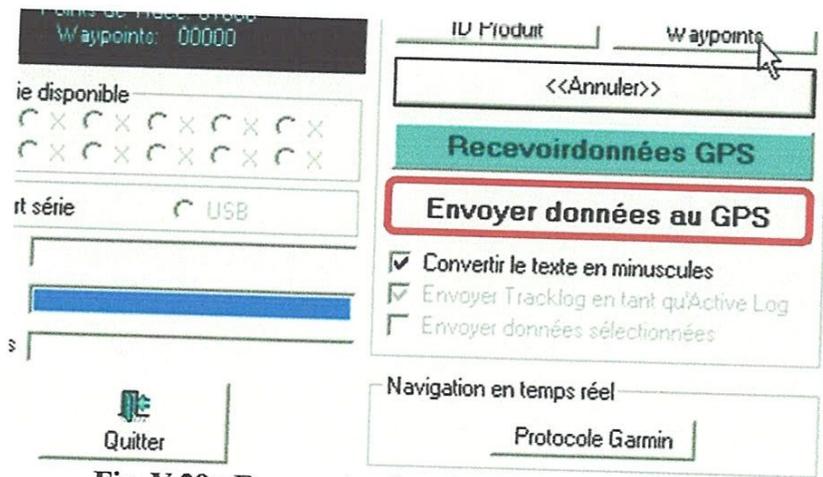


Fig. V.29 : Envoyer les données vers le récepteur GPS

Après avoir identifié le récepteur, nous pourrions envoyer successivement traces, routes et Waypoints.

Attention, on veille à ce que les tailles de nos données à charger soient compatibles avec le récepteur. Pour cela on réfère nous au manuel d'utilisation de celui-ci.

CONCLUSION :

TrackMaker est l'un des logiciels gratuits les plus complets existant sur le marché actuel. Dans ce chapitre on a essayé de faire une calibration d'une photo et créer les éléments de base (trace, route et Waypoint).

Le choix de la photo est tombé sur le campus central de l'université de Guelma, puisqu'il est connu pour nous et pour mieux voir les choses.

Donc on n'a conclu que le GPS TrackMaker :

- > permet la création des cartes de formats d'image vectorielle
- > Il permet aussi de communiquer avec le récepteur GPS et d'analyser les données importées.
- > Modifier ou créer de nouvelles données (trace, route et point caractéristique) qu'exporter vers le récepteur GPS.

- En grosso-modo, il permet de construire une cartographie pleine d'informations.

Le grand choix d'outils de dessin et d'icônes associés aux fonctionnalités de la souris apporté au GPS TrackMaker, donne une grande facilité d'utilisation.

Après avoir fait tout ce travail, notre photo maintenant est calibrée et repérée, il suffit de mettre le curseur sur n'importe quel point de la carte, et vous aurez beaucoup d'informations, ou l'inverse, c.-à-d. vous donnez des points et le logiciel affiche la position voulue.



Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Dans notre projet de fin d'études nous sommes intéressé à l'étude des systèmes de positionnement, et plus précisément le système GPS, le traitement d'image au niveau soft tel que : le format, la résolution et la calibration, ainsi que la création des points de base. Nous rappelons que les objectifs de ce travail étaient :

- Présentation du système GPS
- Utilisation du logiciel GPS TrackMaker
- Calibration d'une image aérienne
- Création d'un circuit GPS (fichier .gpx)

Après avoir fait tout ce travail, notre photo maintenant est calibrée et repérée, il suffit de mettre le curseur sur n'importe quel point de la carte, et vous aurez beaucoup d'informations, ou l'inverse, c.-à-d. vous donnez des points et le logiciel affiche la position voulue.

Les données satellitaires stockées dans le récepteur GPS peuvent être transférées à un PC en tant que Waypoints, Tracklogs et routes. Le GPS TrackMaker reconnaît ces données, permettant à l'utilisateur de les modifier avec une interface graphique simple.

Nous pouvons dire que le récepteur GPS n'est pas simplement un appareil de mesure d'une position sur la terre, mais il est utilisé par une grande partie de navigateurs, et il possède de nombreux domaines d'applications tel que : Agriculture, la géologie et l'activité volcanique, les véhicules en cas de vol, le militaire ; le cadastre et le tourisme ...

Les références

[1] : <http://www.chipts.com/products/memorysdramart/sdramart.html>

[2] : JM.Gomez « satellite broadcast systems engineering », artech house, boston london 2002.

[3] : PIERRE-CERARD FONTOLLIET « systèmes de télécommunication ». Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR).

[4] : Technique d'ingénieur 6, traité Télécoms « Système GPS de positionnement par satellite » ;

[5] : CHABAATE KHELIFA & TOURE MAHAMADOUNE * Etudes techniques de robustesse aux brouilleurs pour les récepteurs * mémoire de fin d'études 2004 * instit des télécommunications - ORON.

[6] : MERIEM KHERAFA AZEDDINE & BELGACEM FOUAD * Etude comparative des systèmes de positionnement par satellites : GPS/GLONASS * mémoire de fin d'études 2004 * instit des télécommunications - ORON.

[7] : PAUL CORREIA « Guide pratique du GPS ,5^e édition» Eyrolles

[8] : GPS Trackmaker, Reference Guide , Version Free-13.5

[9] : Découvrir l'univers du GPS & Exploiter son potentiel, (fichier PDF)

clossaire

- A-S**: Anti Spoofing * Anti brouillage
- C/A** : Coarse-acquisition * Acquisition rapide
- DOD** : Department of defense * Département de défense
- GPS**: Global positioning system * System de positionnement global
- NAVSTAR**: Navigation Satellite Timing and Ranging * System de navigation
- PPS** : Precise positioning service * Service de positionnement Précisé
- P-code** : precise code * code de précision
- SA** : Selective availability * Dégradation volontaire
- SPS** : Standard positioning service * Services de positionnement standard
- UTC** : Coordinated universal time * temps universel coordonné
- WGS84** : world geodetic system-1984 * système géodésique mondial utilisé par le GPS
- CIO-BIH** : conventional international origin – bureau international de l’heure
- CTP** : Conventional Terrestrial Pole
- GLONASS** : Global NAVigation Satellite System
- ENSS** : europion navigation satellite systeme
- SV** : Space vehicle * Le satellite
- PRN** : Pseudo random noise * Pseudo-aléatoire
- NASA** : (National Aeronautics and Space Administration)* administration nationale de l’aéronautique et de l’espace
- PRC** : Pseudo range corrections
- RGP** : Réseau GPS Permanent

AGC: Automatic Gain Control

RINEX: Receiver INdependent EXchange

HEO: High Earth-Orbit

GEO: Géostationnaire –Earth- Orbit

MEO: Medium Earth-Orbit

LEO: Low Earth -Orbit