

## DEVELOPPEMENT D'UN GEO NAVIGATEUR GPS



❖ *Jordane TSAFACK*  
❖ *Aurel SONGO*  
❖ *Maurelle GOHEP*

*Encadrants : M. Pierre  
Bossier et M. Fabrice  
COMBLET*

## Table des matières

I.	INTRODUCTION GENERALE .....	2
1.	CONTEXTE.....	2
2.	PROBLEMATIQUE .....	2
3.	OJECTIFS .....	3
4.	INTERET DU TRAVAIL.....	3
5.	METHODOLOGIE.....	3
6.	PLAN DETAILLE .....	4
II.	ORIGINE ET TYPES DE GNSS, FONCTIONNEMENT ET APPLICATIONS DU GPS EN PARTICULIER .	4
1.	ORIGINE .....	4
2.	FONCTIONNEMENT DU GPS .....	6
III.	RECEPTEUR GPS.....	9
1.	PORT SERIE .....	9
2.	LES TYPES DE COMMUNICATIONS .....	10
3.	PROTOCOLE NMEA.....	10
4.	G-STAR IV.....	11
5.	LA GEODESIE.....	12
IV.	TRAVAIL REALISE : .....	13
1.	REPARTITION DES TACHES ET ORGANISATION AU SEIN DU PROJET AU COURS DE L'UV ..	15
2.	CAPTURES D'ECRAN.....	16
3.	DIFFICULTES MAJEURES .....	19
	CONCLUSION GENERALE .....	19
IV.	ANNEXE .....	21
	Annexe 1.....	21
	Annexe 2.....	21
	Annexe 3.....	21
	Annexe 4.....	21
	Annexe 5.....	22
V.	BIBLIOGRAPHIE.....	23

## I. INTRODUCTION GENERALE

### 1. CONTEXTE

Bien que le siècle dernier ait été marqué par des progrès scientifiques et techniques mesurables, la conquête de la terre n'a jamais atteint un tel tournant au cours des vingt dernières années. De ce fait, plusieurs GNSS (**Global Navigation Satellite System**) sont mis sur pied afin de faciliter la géolocalisation sur la terre. Ceci a un impact sur notre formation qui doit être à jour afin de répondre aux besoins toujours croissants des entreprises (populations). De nombreux GNSS sont d'origine informatique et électronique, et 80% des innovations en recherche concernent ces domaines. Ces avancées technologiques facilitent et permettent d'améliorer les conditions de vie.

Dans le cadre de notre formation, il est prévu un projet tuteuré au cours duquel un groupe de quatre ou trois étudiants de première année du cycle ingénieur doivent présenter le fruit de leur travail sur un thème bien précis.

Le contexte de notre travail est celui de créer une interface python exploitant ces trames (informations brutes) fournies par un récepteur GPS et permettant l'affichage de la position d'une antenne GPS sur un fond cartographique, enregistrant l'historique des positions et informant l'état de la constellation GPS observées. Les notions utilisées feront recours à l'informatique.

### 2. PROBLEMATIQUE

Dû au fait que le GPS soit devenu un outil incontournable pour toute activité nécessitant une géolocalisation, il était question pour nous d'appréhender les concepts qui s'y cache et pour se faire nous avons procédé par étape que nous expliquerons ci-dessous. Il sera important de savoir comment se fera l'interface python et quels sont les éléments nécessaires pour le faire ?

Différents capteurs et commandes sont inclus dans le dispositif (récepteur GPS) lors de leurs conceptions afin de faciliter leur utilisation, comment les données de ce dispositif doivent-elles être exploitées et dans quels buts ? C'est donc dans l'optique de récupérer les informations nécessaires de la transmission des données reçues par le GPS que nous avons choisi de travailler sur le thème : "**Développement d'un géo navigateur GPS**".

Nos problèmes sont donc :

- Comment créer une interface python permettant l'affichage de la position d'une antenne GPS sur le fond cartographique, enregistrant l'historique des positions et informant l'état de la constellation GPS observée ?

- Quelles seront les technologies utilisées ?

### 3. OJECTIFS

L'objectif premier de notre projet consiste à réaliser une application de géo navigation qui sera capable de :

- ✓ Acquérir des données d'un récepteur GPS via un port série.
- ✓ Cartographier la position et l'itinéraire.
- ✓ Communiquer les données à un serveur (DROPBOX).

Pour mener à bien notre projet, nous devons résoudre les objectifs secondaires à savoir :

- ✓ Apprendre les différents systèmes de positionnement aussi bien géographique que cartésien.
- ✓ Apprendre le fonctionnement du GPS
- ✓ Apprendre à communiquer avec un port série en python via le module **pyserial** [référence]
- ✓ Apprendre à interpréter les trames reçues du récepteur à travers les spécificités du protocole **NMEA** (NATIONAL MARINE ELECTRONIC ASSOCIATION) [référence]
- ✓ Apprendre à utiliser la librairie **GDAL** [référence] utile pour lire des images géo référencées
- ✓ Apprendre à utiliser **pyQT4** pour l'interface
- ✓ Utiliser l'**Api Google Map** pour le calcul d'itinéraire

### 4. INTERET DU TRAVAIL

Dans le monde, le GPS est devenu un outil indispensable au quotidien. Cette technologie est également utilisée dans les dispositifs expérimentaux à différents niveaux, nécessitant diverses échelles de précision tel que la géo navigation appliquée à l'agriculture de précision et géolocalisation d'habitats, d'espèces patrimoniales [1]. Mais fort est de constater que, nombreuse est cette partie de la population du tiers monde qui n'utilise pas cet outil et pour ceux qui l'utilisent, ignorent la technologie qui s'y cache.

Notre projet sera donc très utile à de nombreuses particulièrement à des sportifs qui pourront utiliser observer l'évolution de leur vitesse en fonction du temps en se promenant avec un appareil capable d'enregistrer les trame NMEA (téléphone par exemple) . Sur le plan individuel développer des compétences en programmation et des connaissances en géolocalisation.

### 5. METHODOLOGIE

Pour atteindre nos objectifs, nous commencerons tout d'abord à faire une étude globale sur les GNSS et les GPS en particulier puis nous étudierons le fonctionnement des différents

éléments devant intervenir dans notre système. Une fois l'étude terminée, nous ferons une brève description du travail à réaliser et nous évoquerons les difficultés rencontrées. Ensuite nous écrirons un programme en python pour faire interagir les différents éléments avec l'utilisateur et nous finirons par faire des tests sur la carte de la France afin de vérifier les résultats obtenus avec celle existant sur un GPS de Google.

## 6. PLAN DETAILLE

Ce travail sera reparti en 3 :

- ✓ Dans la première partie, nous présenterons tout d'abord les concepts pour mieux comprendre la notion de GNSS ; ensuite nous procéderons à une étude de l'existant afin de faire ressortir les systèmes existants, ainsi que ces limites. Puis nous présenterons le GPS qui est l'élément moteur de notre système en donnant son rôle et son fonctionnement.
- ✓ Le chapitre deux sera consacré à la création d'une interface python exploitant les données issues d'un récepteur GPS, informant l'état de la constellation du GPS observées, permettant l'affichage de la position sur un fond cartographique et enregistrant l'historique des positions.

## II. ORIGINE ET TYPES DE GNSS, FONCTIONNEMENT ET APPLICATIONS DU GPS EN PARTICULIER

### 1. ORIGINE

Suite à l'apparition du premier globe terrestre en 1492, l'homme s'est tâché à inventer des mesures pour se repérer. Pour cela, tous les astronautes ont recours à différents moyens leur permettant de décrire leurs positions dans l'immensité de leur environnement tant terrestre que maritime ; ceci se faisant en envoyant dans l'espace des étoiles artificielles [1] et des satellites. La visibilité des satellites partout et en temps réel sur la terre, et malgré les conditions météorologiques ouvre de nombreux champs d'expérimentations qui sont la géolocalisation et ses applications. La géolocalisation est un système qui permet de positionner une personne ou un objet grâce à ses coordonnées géographiques. C'est ainsi que pendant le 20ème siècle, les premiers systèmes de navigation ont été développés par les Etats-Unis avec **TRANSIT** [2] principalement pour aider les militaires à trouver leur chemin, mais les applications civiles sont devenues nombreuses.

Le **GNSS** (Global Navigation Satellite System) est une Constellation de satellites diffusant chacun un signal de Haute Fréquence contenant une information de temps (heure GPS) et une

information de position (Navigation Data Message) permettant au récepteur embarqué recevant des signaux de plusieurs satellites de mesurer sa distance par rapport à chacun (pseudorange) et de calculer sa position par trilatération [3]. Ce dernier englobe l'ensemble des systèmes de navigations par satellite. On distingue actuellement 4 systèmes GNSS dans le monde :

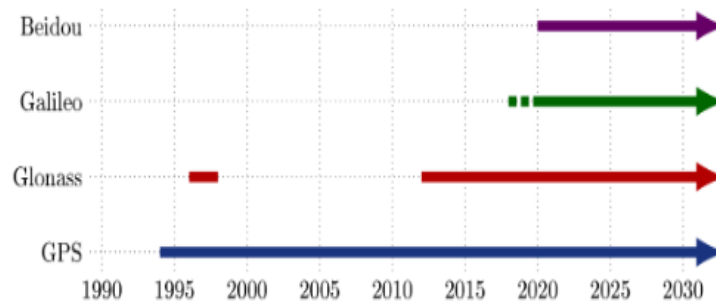


Figure 9 Phase d'opérationnalité des différents GNSS existants ou en projet [4]

La figure 1 présente les différents systèmes **GNSS** sur l'axe des ordonnées et ressort en abscisses la date où chacun de ces systèmes serait opérationnel. Nous ferons une brève présentation de ces systèmes et nous nous attarderons sur le système **GPS**. Cette présentation se fera par ordre décroissante d'apparition.

- ✓ **Beidou** [5] est un système de navigation par satellite d'origine Chinoise. Il se compose de deux constellations de satellites distinctes, un système de test limité qui fonctionne depuis 2000, et un système de navigation globale à grande échelle qui est actuellement en construction. Le premier système **Beidou**, officiellement appelé le système expérimental de navigation par satellite **Beidou** et également connu sous le nom de **BeiDou-1**, constitué de trois satellites ; depuis 2000, il offre une couverture limitée aux services de navigation principalement aux clients chinois et voisins. La deuxième génération du système, baptisé officiellement le système de navigation par satellite **Beidou** (BDS) et également connu sous le nom COMPASS ou BeiDou-2, sera un système mondial de navigation par satellite composé de 35 satellites, il est annoncé en 2006 mais devient opérationnel en Chine en décembre 2011, avec 10 satellites en service, a commencé à offrir des services aux clients dans la région Asie Pacifique en décembre 2012. Ce système est prévu de commencer à servir des clients globaux après son achèvement en 2020.
- ✓ **GALILEO** [6] est le système mondial de navigation par satellite de l'Europe, fournissant une meilleure information sur le positionnement et le calendrier, ce qui a des implications positives significatives pour de nombreux services et utilisateurs européens. C'est aussi un système de constellation de 30 satellites nécessitant un récepteur compatible ; il sera totalement opérationnel en 2020. Par exemple, il permettra aux utilisateurs de connaître leur position exacte avec une meilleure précision que les systèmes actuellement disponibles. En effet, **GALILEO** qui est l'une des raisons d'être de l'indépendance de l'Union Européenne sur la question de localisation par satellite, donne également à l'Europe un siège à la table mondiale du **GNSS** en pleine expansion. Par conséquent, il est positionné pour améliorer la

couverture actuellement disponible offrant une expérience plus transparente et précise pour les utilisateurs multi-constellation dans le monde entier. La gamme d'applications envisagées de **Galileo** est énorme, s'étendant à la fois dans le secteur public et le secteur privé à travers de nombreux segments de marché.

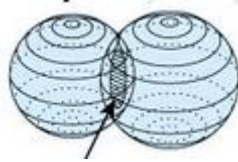
- ✓ **GLONASS** [7] (Global Navigation Satellite System) est un système de navigation par satellite spatial fonctionnant dans le service de radionavigation par satellite et utilisé par Les forces russes de défense aérospatiale ; ce système mondial de navigation par satellite permet la détermination de la position et de la vitesse en temps réel pour les utilisateurs militaires et civils. En effet, le projet **GLONASS** est né dans les années 1980 durant la guerre froide, mais due au fait que plusieurs satellites n'étaient pas opérationnels pour permettre la couverture de tout le territoire Russe, ce dernier a connu de nombreuses modifications et a pu couvrir pour la première fois tout le territoire Russe le 8 décembre 2011, avec un système de constellation de 24 satellites dont les signaux peuvent être repérés via un récepteur GLONASS. Cette réussite permet ainsi au gouvernement Russe de déclarer que dès la fin 2012, tous les produits électroniques disposant d'une compatibilité GPS sera taxé d'un malus mais pas d'une compatibilité GLONASS, sur le marché russe.
- ✓ **GPS** [8] (Global Positioning System) est un système de radionavigation spatial appartenant au gouvernement des États-Unis, c'est un système mondial de navigation par satellites (GNSS) qui fournit la géolocalisation et le temps. En effet, le projet GPS a été lancé aux États-Unis en 1973 lors d'une réunion d'une douzaine d'officiers militaires au Pentagone qui discutaient de la création d'un système de navigation par satellite de défense. C'est à cette réunion que fut créée la véritable synthèse qui est devenue GPS avec pour but de surmonter les limitations des systèmes de navigation antérieures, ce projet s'est fait en intégrant des idées de plusieurs prédécesseurs, y compris un certain nombre d'études classiques de conception d'ingénierie des années 1960. A l'origine, ce système utilisait 24 satellites et il est devenu pleinement opérationnel en 1995 avec un système de constellation de 30 satellites nécessitant un récepteur compatible mais l'assurance de la disponibilité mondiale du GPS se fait par 24 principaux satellites nécessitant ainsi au moins la visibilité de 4 satellites du sol partout dans le monde.

## 2. FONCTIONNEMENT DU GPS

Le principe de repérage utilisé par le GPS fonctionne grâce aux principes de positionnement. Soit un satellite à une position  $X$  donnée dans un repère tridimensionnel émettant une onde électromagnétique de vitesse connue, et soit un récepteur **GPS** placé à une distance  $d$  du satellite, on sait alors que l'ensemble des points où pourraient se trouver l'utilisateur **GPS** est une sphère de centre le satellite et de rayon la distance  $d$ . Soit un

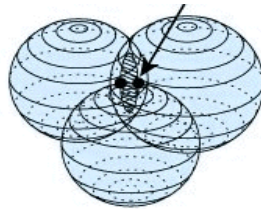


deuxième satellite émettant une onde à la même fréquence que le premier satellite et placer de façon identique à ce dernier et connaissant la distance du récepteur **GPS**, l'intersection de ces satellites est un cercle qui représente l'ensemble des points que peut avoir le récepteur GPS. [13]



*Figure 10: utilisation de deux satellites [14]*

La précision du satellite n'étant pas suffisante avec 2 satellites, on se sert d'un troisième satellite. La démarche est identique aux 2 précédents satellites. L'intersection des trois satellites se réduit à 2 points. Dans le cas où l'utilisateur se situe à la surface de la Terre seul un des 2 points est cohérent. Ainsi on peut déduire sa position exacte en éliminant le point donnant un résultat incohérent. [14]



*Figure 11: utilisation de trois satellites [14]*

En effet, 3 satellites ne suffisent pas pour donner déterminer la position exacte d'un point car dû au fait que la mesure du temps doit être extrêmement petit, et comme les récepteurs GPS ne disposent pas d'une horloge ultra précise que celui des satellites, si une erreur d'un millième de seconde est faite, cela produirait une erreur de position de 300km, par conséquent mettre une horloge ultra précise sur chaque récepteur deviendra coûteux; dont le mieux serait d'utiliser un 4ème satellite afin de calculer l'intersection de 4 sphères au lieu de 3 mais dans un espace à 4 dimensions entendant compte de la variable temporelle. En ajoutant un 4ème satellite, l'intersection avec les trois autres donne un point précis. Le récepteur GPS aura besoin de 4 satellites pour élaborer sa position en 3D et ainsi déterminer sa latitude, sa longitude et son altitude.

Le système GPS est un système qui se compose de trois segments qui sont : le segment spatial (les satellites GPS eux-mêmes), le système de contrôle (les Militaire) et le segment des utilisateurs (qui comprend les utilisateurs militaires, les civils et leur équipement GPS).

#### *a) Le segment spatial*

Actuellement, il y'a au moins 24 satellites en orbite autour de la terre à une altitude d'environ 11 000 milles marins. La haute altitude assure que les orbites des satellites soient stables, précis et prévisibles, et que le mouvement des satellites dans l'espace ne soit pas



affecté par la traînée atmosphérique. Les satellites GPS sont alimentés principalement par des panneaux solaires, avec des batteries nicad fournissant une puissance secondaire. Au bord de chaque satellite GPS, il y'a quatre horloges atomiques, dont une seule est en service à la fois. Ces horloges atomiques très précises permettent au GPS de fournir le système de synchronisation le plus précis qui existe.

- ✓ **Orbite satellitaire :** Il y'a quatre satellites dans chacun des 6 plans orbitaux. Chaque plan est incliné de 55 degrés par rapport à l'équateur, ce qui signifie que les satellites traversent l'équateur inclinée à un angle de 55 degrés. Le système est conçu pour maintenir la pleine capacité opérationnelle même si deux des 24 satellites échouent. Les satellites GPS complètent une orbite en environ 12 heures, ce qui signifie qu'ils passent sur n'importe quel point de la terre environ deux fois par jour. Les satellites se lèvent (et se mettent) environ quatre minutes plus tôt chaque jour. Ils suivent une orbite quasi-circulaire de rayon 26 600 km environ (soit une altitude de 20 200 km) qu'ils parcourent en 11 h 58 min 2 s, soit un demi-jour sidéral. Ainsi, les satellites, vus du sol, reprennent la même position dans le ciel au bout d'un jour sidéral. [9]

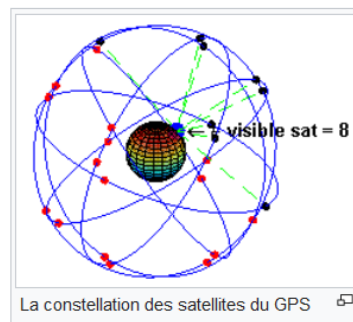


Figure 12 : : Constellation des satellites du GPS [10]

- ✓ **Signalisation des satellites**

Les satellites GPS diffusent en permanence la position des satellites et les données de synchronisation via des signaux radio sur deux fréquences (L1 et L2). Les signaux radio se déplacent à la vitesse de la lumière (186 000 miles par seconde) et prennent environ 6 / 100e de seconde pour atteindre la terre. Les signaux satellites nécessitent une ligne directe vers les récepteurs GPS et ne peuvent pas pénétrer dans l'eau, le sol, les murs ou d'autres obstacles. Par exemple, le couvert forestier lourd provoque des interférences, ce qui rend difficile, sinon impossible, de calculer les positions. Dans les canyons (et les « canyons urbains » dans les villes) les signaux GPS sont bloqués par des chaînes de montagnes ou des bâtiments. La présence d'une main sur une antenne de récepteur GPS, imposera au GPS de cesser de calculer les positions.

Deux types de code sont diffusés sur la fréquence L1 (code C / A et code P). Le code C / A (Acquisition grossière) est disponible pour les utilisateurs civils de GPS et fournit le Service de positionnement standard (SPS) sans restriction d'utilisateurs, ce dernier a une précision de 100m [11]. En utilisant un SPS, les coordonnées lues à partir de l'écran récepteur GPS sera à

moins de 15 mètres de votre position réelle sur la terre. Le code P de précision de 10m [11], diffuse à la fois sur les fréquences L1 et L2. Le code P, utilisé pour le service de positionnement précis (PPS), il n'est disponible que pour les militaires. En utilisant le code P sur les deux fréquences, un récepteur militaire peut obtenir une meilleure précision que les récepteurs civils.

#### *b) Segment de contrôle*

Le pilotage et la surveillance du système GPS se fait grâce au segment de contrôle, il est constitué de 5 stations dont une est une station de contrôle principale à la base aérienne Falcon Colorado Springs et les 4 autres stations de surveillance sont situées à **Hawaii, l'île de l'Ascension, Diego Garcia et Kwajalein**. Ces stations mesurent précisément les orbites des satellites et ont pour rôle de mettre à jour les informations transmises par les satellites (éphémérides, paramètres d'horloge) et contrôler leur bon fonctionnement [12]. Les satellites peuvent alors diffuser ces corrections, ainsi que les autres données de position et de synchronisation, de sorte qu'un récepteur GPS terrestre puisse établir précisément l'emplacement de chaque satellite qu'il suit.

#### *c) Segment utilisateur*

Ici les segments utilisateurs de GPS sont les militaires et les civils. Les Militaires utilisent le GPS pour la navigation, la reconnaissance et les systèmes de guidage de missiles. Ces utilisateurs acquièrent et utilisent les signaux satellitaires GPS afin de déterminer les données d'un point tel que sa vitesse, sa position et son temps. Il existe des applications civiles pour le GPS dans presque tous les domaines, de l'arpentage au transport, à la gestion des ressources naturelles et à l'agriculture. La plupart des utilisations civiles du GPS, cependant, tombent dans l'une des quatre catégories : la navigation, l'arpentage, la cartographie et le calendrier.

### III. RECEPTEUR GPS

#### 1. PORT SERIE

C'est un port asynchrone de l'ordinateur utilisé pour connecter un périphérique série à l'ordinateur et capable de transmettre un bit à la fois à travers une ligne contrairement à un port parallèle. Dans notre cas, cette connexion se fait avec un récepteur GPS. Ce port est universel, malgré qu'il soit difficile à mettre en œuvre, son utilisation est facile et ne sollicite que peu de fils [15].

Il est impératif d'établir un protocole pour assurer la communication entre un ordinateur et un équipement ; car ce dernier définit le débit de transmission, le codage utilisé et le découpage en trame. La norme RS232 permet d'uniformiser ce protocole, cette norme indique que les périphériques DTE (équipement de terminal de données) utilisent un connecteur mâle

à 25 broches, et les périphériques DCE (équipement de communication de données) utilisent un connecteur femelle à 25 broches. Ces périphériques sont utilisés pour indiquer le brochage des connecteurs sur un dispositif et la direction des signaux sur les broches. La plupart de ces broches ne sont pas nécessaires pour les communications, seul deux lignes sont utilisées, une utilisée pour envoyer et recevoir les données et l'autre qui est la terre de protection [16].

## 2. LES TYPES DE COMMUNICATIONS

Il existe deux types de communications série :

- La communication synchrone : la communication des données se fait lorsque les bits de données sont synchronisés avec une impulsion d'horloge. La transmission des bits se fait de façon successive sans séparation entre deux caractères. La synchronisation au niveau caractère permet de garantir l'absence d'erreurs lors de la transmission.
- La communication asynchrone : c'est lorsque les bits de données ne sont pas synchronisés avec une ligne d'horloge, c'est-à-dire qu'il n'y a, pas de ligne d'horloge à tous ! Ce sont les flux de données qui assurent la communication, le premier bit est toujours le bit START (qui signifie le début de la communication sur la ligne série, ce bit est bas et vaut 0), suivi des bits DATA (habituellement 8 bits), suivi d'un bit de parité (utilisé pour la vérification des erreurs) et enfin d'un bit STOP (qui signale la fin du paquet de données, ce bit est haut et vaut 1) [17].

## 3. PROTOCOLE NMEA

NMEA qui signifie National Marine Electronics Association est une norme qui permet aux équipements électroniques marins d'envoyer des informations aux ordinateurs et à d'autres équipements marins ; la communication du récepteur GPS est définie dans cette norme. Les programmes informatiques qui fournissent des informations de position en temps réel s'attendent à ce que les données soient sous format NMEA ; dans ce format, les données comprennent la solution complète PVT (position vitesse et temps) calculée par le récepteur GPS. NMEA est à l'origine de deux standard, le standard 2000 qui est peu utilisé car il n'est pas lisible et le standard 0183 qui est celui qui nous intéresse pour la transmission de données.

Pour chaque catégorie d'appareil, il y'a des phrases standard et ces derniers ont un préfixe à deux lettres qui définit le périphérique qui utilise ce type de phrase. Pour les récepteurs GPS, le préfixe est GP. Avec ce standard, la transmission des données se font sous forme de caractères ASCII. La transmission des données se fait sous forme de trame et chaque phrase commence par un '\$' et se termine par une séquence de retour chariot **[CR]** et de retour de ligne **[LF]** et ne peut pas dépasser 80 caractères de texte visible. Les données sont contenues dans cette ligne unique avec des données séparées par des virgules et ces données peuvent varier dans la quantité de précision contenue dans le message.

Il existe de nombreuses phrases dans la norme NMEA pour tous les types de dispositifs qui peuvent être utilisés dans un environnement marin. Concernant ceux qui sont applicable aux récepteurs GPS, les plus utilisées sont :

- RMC : elle donne l'heure, la latitude, la longitude, la date et la vitesse.
- GSV : elle donne l'état de la constellation (identifiant, état du signal, élévation, azimuth).
- GSA : elle donne la dilution verticale et celle horizontale.
- GGA : permet de connaître la position courante du récepteur GPS.

Lors de la transmission des données au récepteur GPS, avant d'extraire les données qui nous intéresse que le message ait bien été transmis, s'il y'a pas de pertes de données ; c'est pour cela qu'on ajout une forme de contrôle à chaque message, cette forme est encore appelée checksum.

#### 4. G-STAR IV

Le BU-353-S4 est un récepteur GPS à aimant USB qui dispose d'un chipset (signifiant jeu de puces) très sensible et à faible consommation en énergie dans un format ultra compact. Il est alimenté par un chipset SiRF Star IV GPS, offrant ainsi des performances supérieures dans les canyons urbains, et dans le feuillage dense. Avec la technologie SiRF CGEE (Client Generated Extended Ephemeris), il est capable de prédire les positions des satellites jusqu'à 3 jours à l'avance et offrira un temps de démarrage CGEE inférieur à 15 secondes dans la plupart des conditions sans assistance réseau. Le mode MicroPower du BU-353-S4 permet au récepteur de rester en état de démarrage à chaud presque continuellement tout en consommant très peu d'énergie [18].

PIN Number(s)	Name	Type	Description
1	Vin	P	Main power supply to the BU-5353.
2,3	USB IF		USB IF to transmits channel for outputting navigation and measurement data to user's navigation software or user written software.
4	GND	P	Ground.
LED	RED		LEDOFF: Receiver switch off LED ON: Receiver switch on No fixed, Signal searching LED Flashing: Position Fixed

Tableau 1: Caractéristiques du port série du GPS STAR IV. [19]

Le tableau ci-dessus nous informe que l'alimentation du GPS se fait par le premier et que le dernier bit est relié à la masse ; les données sont envoyées par les pins 2 et 3, la led reçoit les données envoyées et assure le déclenchement du récepteur (LED OFF) et LED Flashing permet d'avoir la position fixe.

Les données envoyées par notre GPS sont sous la forme suivante « **Set Baud Rate 4800, Data Bit: 8, Parity: None, Stop Bit: 1, Flow Control: None** ». Où la première donnée

représente la vitesse à laquelle les données sont communiquées du récepteur GPS à l'ordinateur, cette dernière est exprimée en baud par seconde (un baud étant un « symbole », pouvant contenir à lui tout seul plusieurs bits), la deuxième nous informe que les données sont codées sur 8 bits, la quatrième nous fait savoir que le d'arrêt est 1, et la dernière nous informe qu'il y'a aucun control de flux ; cette forme ne contient pas de bit de parité. La présence d'un bit d'arrêt et de la vitesse de communication nous permet de conclure que dans ce GPS, la communication asynchrone.

Dans ce projet, la communication entre le GPS et l'ordinateur se fera par le port USB ; car Le câble USB fournit toute l'alimentation de cet appareil GPS.

## 5. LA GEODESIE

La géodésie est une science ayant pour but de déterminer la forme et les dimensions (taille) de la Terre. La géodésie permet, entre autres, de mesurer la position (latitude, longitude et altitude) et le mouvement de points à la surface de la Terre. C'est une partie des mathématiques qui traite des opérations nécessaires pour lever la carte d'un pays, mesurer un arc de méridien, opérations gravimétriques et spatiales (gravité).

### *Principe de la géodésie*

Les opérations géodésiques sont fondées à l'origine sur la triangulation qui consiste pour déterminer la distance de deux points donnés à la surface de la terre, à rattacher ces deux points à une base une fois mesurée, à l'aide d'une suite de triangles dont on mesure les angles et que l'on résout ensuite de proche en proche.

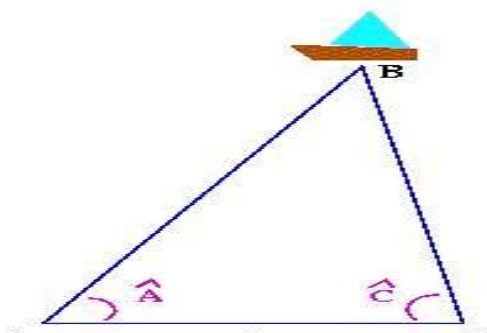


Figure 13 : principe

Il s'agit de connaître l'écart entre deux points en se basant sur le théorème de Thalès. Il suffit alors de planter une flèche dans la terre à une certaine distance (calculable) d'une tour, puis de reculer jusqu'à ce que la pointe de la flèche soit dans

la même ligne de vue que le haut de la tour. Le théorème de Thalès s'énonce ainsi : soit ABC un triangle, E et F deux points sur les côtés respectifs [AB] et [AC]. Si les droites (EF) et (BC) sont parallèles, alors  $AE/AB = AF/AC = EF/BC$ . Selon ce principe, pour une tour de 100 pieds de hauteur et comportant une porte de 10 pieds, la longueur BA est dix fois plus importante que la longueur CD. C'est le début de la triangulation. Il écrit également un essai sur la perspective, ce qui permettra de mieux analyser les distances par rapport à deux points géographiques. Ce principe sera par la suite développé sur des éléments mouvants, un navire en pleine mer, utilisé par les satellites ...

La position reçue par le récepteur GPS est projetée dans un repère géodésique sous forme de latitude, longitude, hauteur. Ce repère géodésique est la plupart le WGS 84 (système mondial le plus courant) ou le RGF93 (système français), dans notre cas c'est du WGS 84.

Le passage du système de coordonnées WGS84 (longitude, latitude) au RGF93 (x, y) se fait par une série de calculs : translation métrique, rotation et mise à l'échelle. C'est ce qu'on appelle la projection Lambert 93. Elle est caractérisée par les paramètres suivants :

- parallèles d'échelle conservée :  $L1 = 44^\circ \text{ N}$  et  $L2 = 49^\circ \text{ N}$  ;
- méridien central :  $G0 = 3^\circ \text{ E}$  (Méridien de Greenwich) ;
- latitude origine :  $L0 = 4630' \text{ N}$  ;
- coordonnées de l'origine :  $E = 700 \text{ km}$  et  $N = 6\,600 \text{ km}$ .

Grâce à ces caractéristiques nous sommes capable de d'obtenir les coordonnées cartésiennes de la latitude et de la longitude dans le repère RGF93. Ces différents systèmes géodésiques sont très importants car elles prennent en compte les champs de pesanteur, forme de la terre (géoïde)... des régions où elles sont définies. Par contre le système WGS 84 trouve son origine au centre des masses de la Terre et de sorte que l'axe Z soit confondu avec l'axe de rotation de celle-ci, d'où sa pertinence à l'échelle mondial du fait que son ellipsoïde (IAG GRS 80) se rapproche le plus du géoïde.

#### IV. TRAVAIL REALISE :

Pour mener à bien notre projet nous avons commencé par établir une communication série avec le récepteur GPS à l'aide du module **pyserial** de python (version 3.2.1) qui permet d'établir une communication série en mode lecture écriture ; ce qui nous a permis de lire les différentes TRAMES NMEA envoyées par le récepteur [annexe 1](#). Une fois les trames lues nous avons :

- ✓ Traitement de la trame avec une des méthodes que nous avons codées (notamment vérification de l'intégrité de la trame par différents aspects la présence du caractère \$ en début par exemple)
- ✓ Extraction : les trames intègres sont segmentées en utilisant comme séparateur ',' ce qui nous a permis d'extraire les données qui nous intéressent en fonction du type de trame (GGA, GSV, RMC)
- ✓ Conversion : certaines données reçues nécessitaient une conversion par exemple la latitude et longitude initialement en degré-minute en degré décimal, la vitesse en km/h en m/s [annexe 2](#)

Une fois les données acquises il nous a fallu afficher la position du récepteur sur un fond de carte et l'état de la constellation :

- ✓ La position donnée par le récepteur GPS étant en coordonnées géographiques nous avons dû faire une projection géographique de ces coordonnées dans le repère **RGF93** encore appelée projection de **LAMBERT 93** afin de les placer sur l'image géo

référéncée fournie par l'ENSTA. Pour effectuer la projection nous avons utilisé le module **osgeo** (`get_x_y (L, l)`) qui fournit des méthodes de projection dans différents repères, une fois la projection réalisée nous avons lu les données de l'image géo référéncée grâce à la bibliothèque GDAL en utilisant la méthode **GetGeoTransform ()**. Puis avec la fonction **pt\_carte** nous avons déterminé les coordonnées en pixels de la position fournie par le récepteur. Enfin nous avons utilisé **matplotlib** pour les afficher [annexe 3](#).

- ✓ De même pour la constellation nous avons extrait les données propres aux différents satellites (identifiant, azimuth, élévation, état du signal) grâce à la trame **GSV**, que nous avons placé dans un repère polaire avec **matplotlib** [annexe 4](#)
- ✓ Tracé de la courbe d'évolution de la vitesse avec le temps
- ✓ Calcul d'itinéraire se fait en envoyant des requêtes https aux serveurs de **Google map** en lui fournissant les coordonnées géographiques du point de départ et du point d'arrivée et me mode transport. Ce dernier renvoie l'itinéraire que nous traçons sur la carte (son utilisation nécessite la création d'une clé d'activation)
- ✓ Le stockage des données sur un serveur utilise l'Api **Dropbox** pour python qui fournit les différentes fonctions pour stocker et consulter un fichier en ligne (nécessite la création d'un compte) [annexe 5](#)
- ✓ Extensions développées (possibilité de choisir le port depuis l'interface, enregistrement des figures)
- ✓ L'interface a été développée à l'aide **PYQT4**

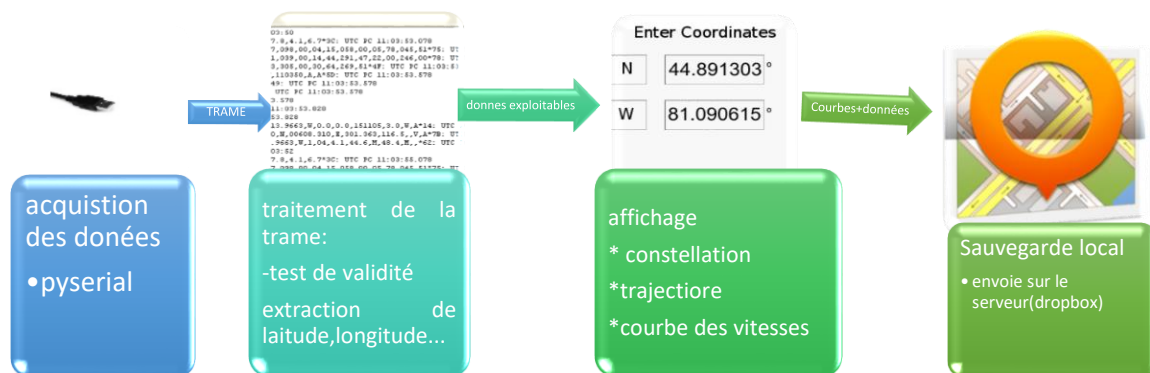
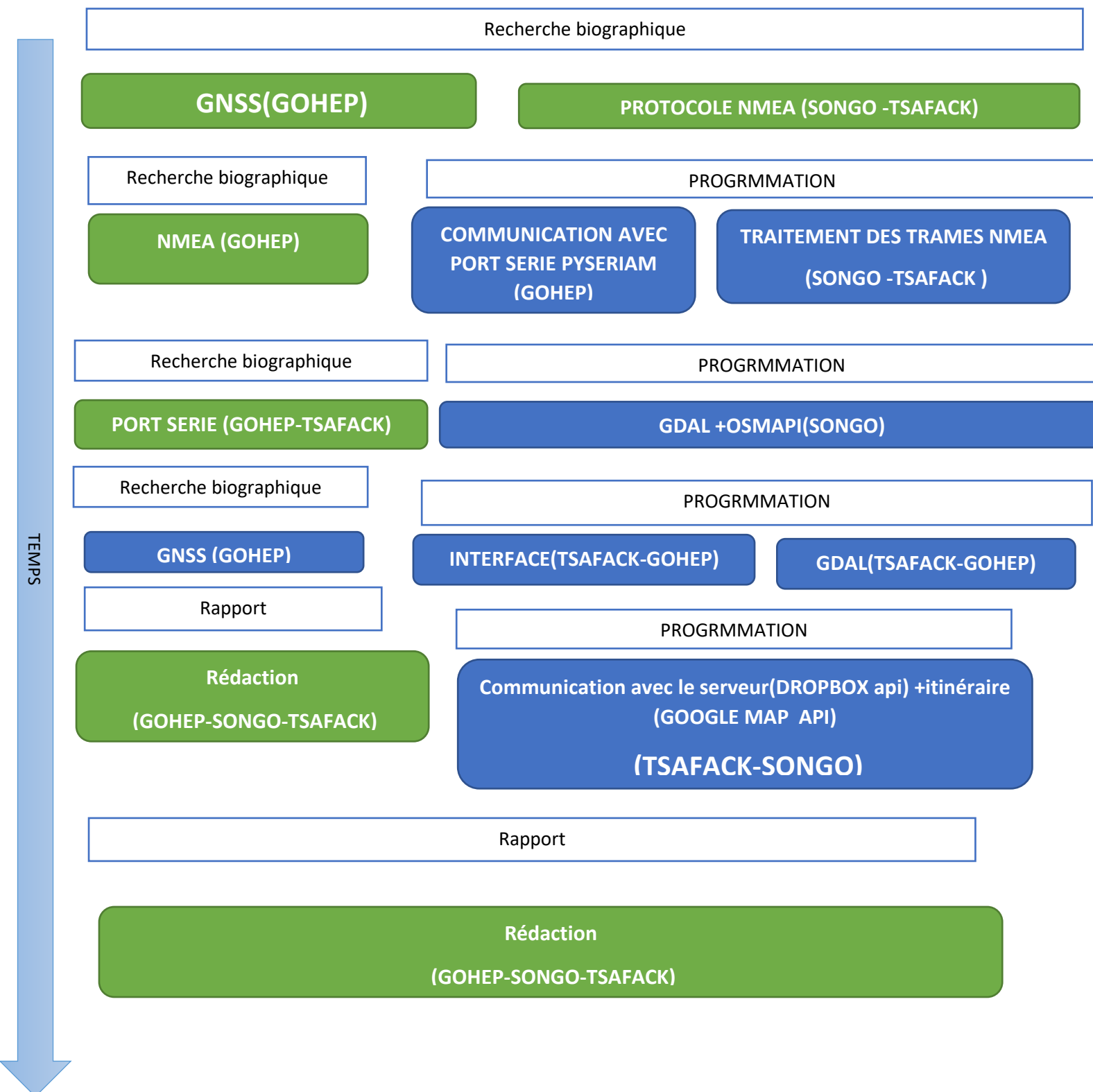


Figure 14: principe de fonctionnement de l'application



## 1. REPARTITION DES TACHES ET ORGANISATION AU SEIN DU PROJET AU COURS DE L'UV

Les tâches du projet ont été réparties comme suit : les zones de texte aux bordures bleues et en fond blanc indiquent les tâches réalisées en fonction du temps, celles en fond vert et bleu représentent les tâches individuelles réalisées par chacun des membres.



## 2. CAPTURES D'ECRAN

L'application se divise en plusieurs onglets à savoir : accueil, trames ,carte, constellation, courbe de vitesses, réglages ,historique.

Onglet Trames, on peut observer sur la capture ci-dessous les différentes trames reçues du récepteur GPS, la source peut toutefois être un fichier.

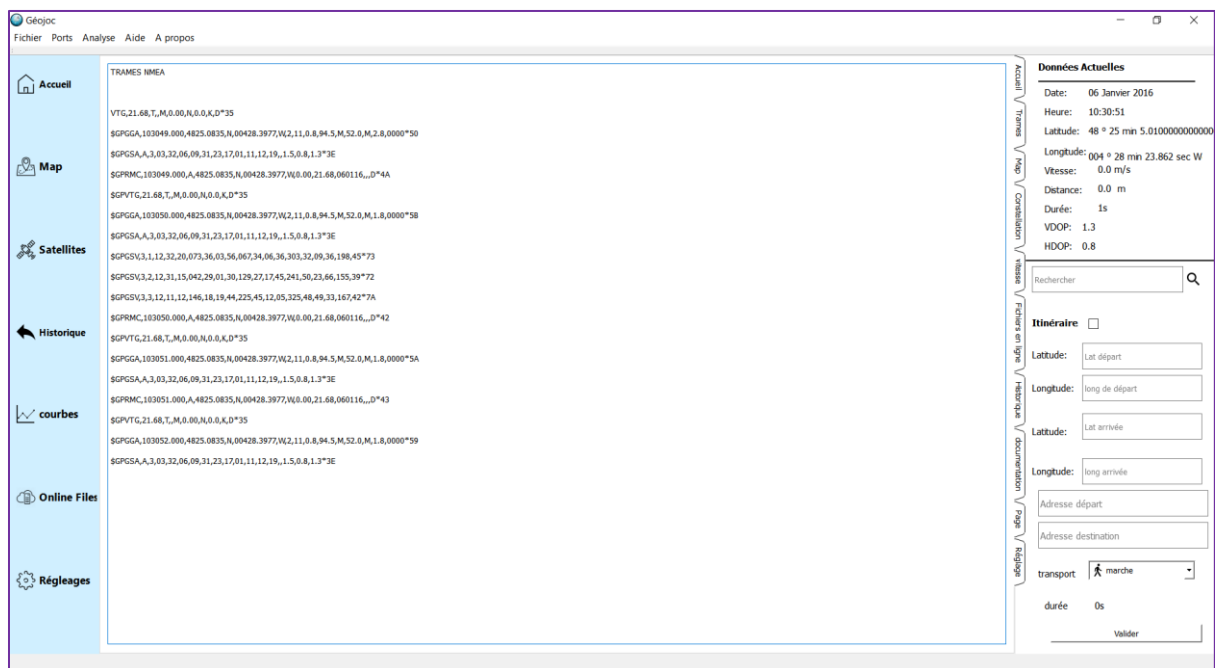


Figure 15: capture de l'onglet trames

La capture d'écran montre le trajet effectué par le porteur du récepteur le petit point rouge représente la position actuelle. A droite on peut voir les différentes informations à savoir la date, l'heure, la latitude, la longitude, la vitesse, la distance parcourue, la durée...

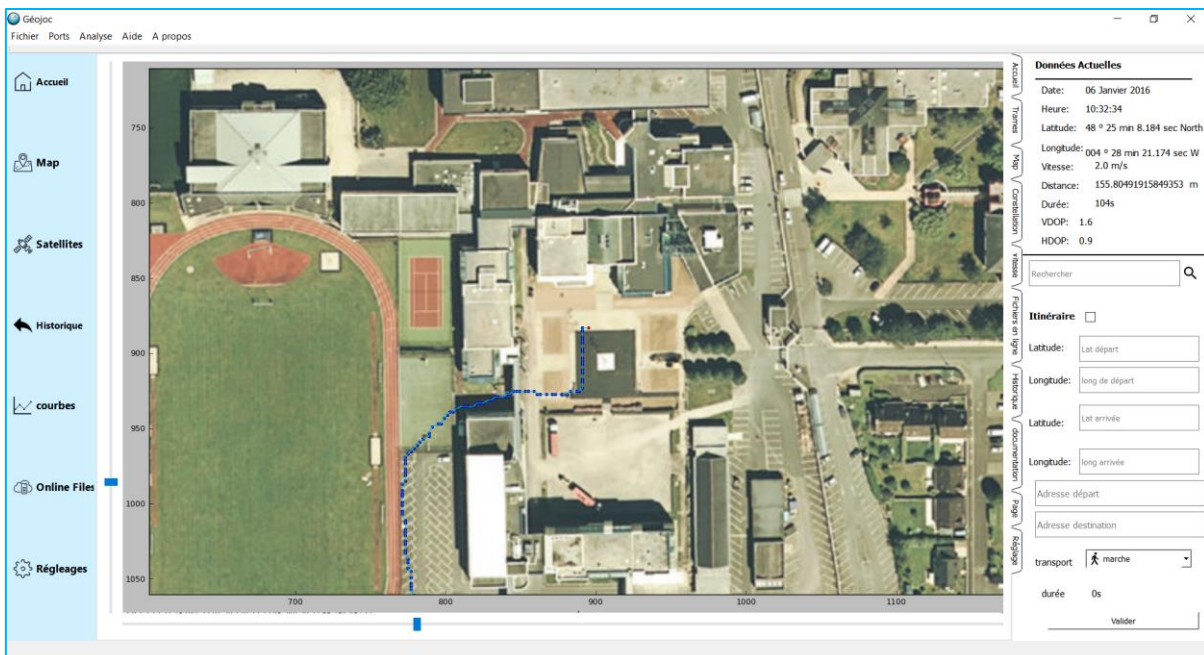


Figure 16: affichage de la position sur un fond de carte

La capture ci-dessous présente l'état de la constellation : on peut observer les identifiants de chaque satellite, les satellites en vert ont un signal moyen tandis que ceux en jaune ont un excellent signal.

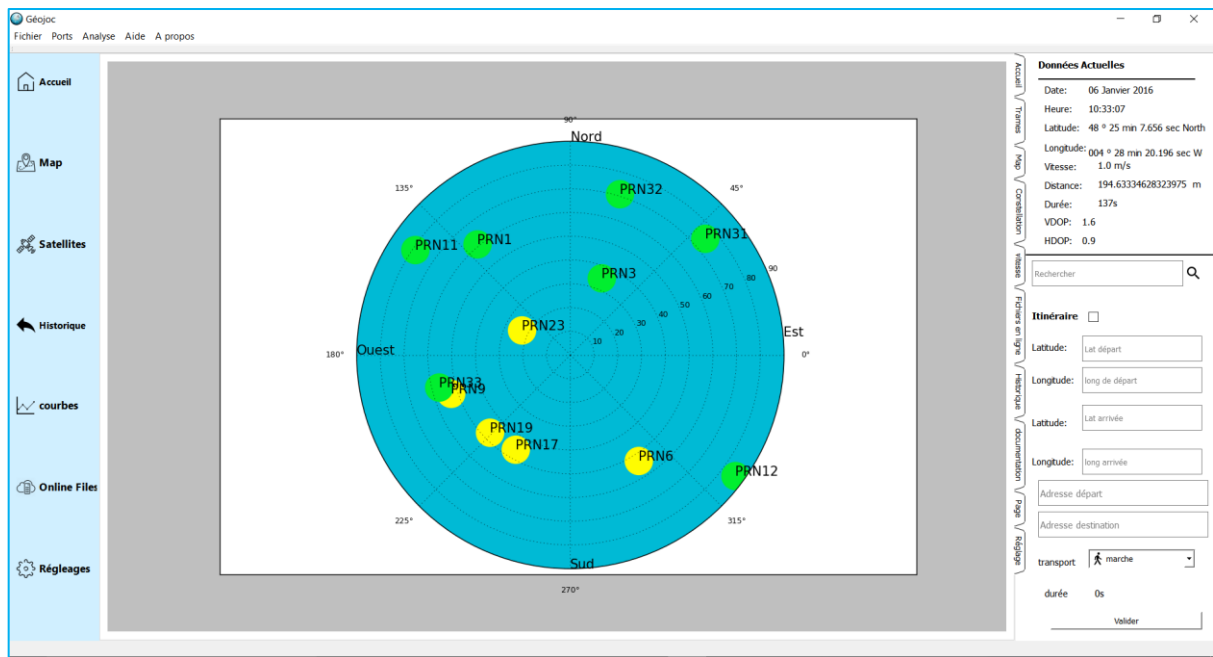
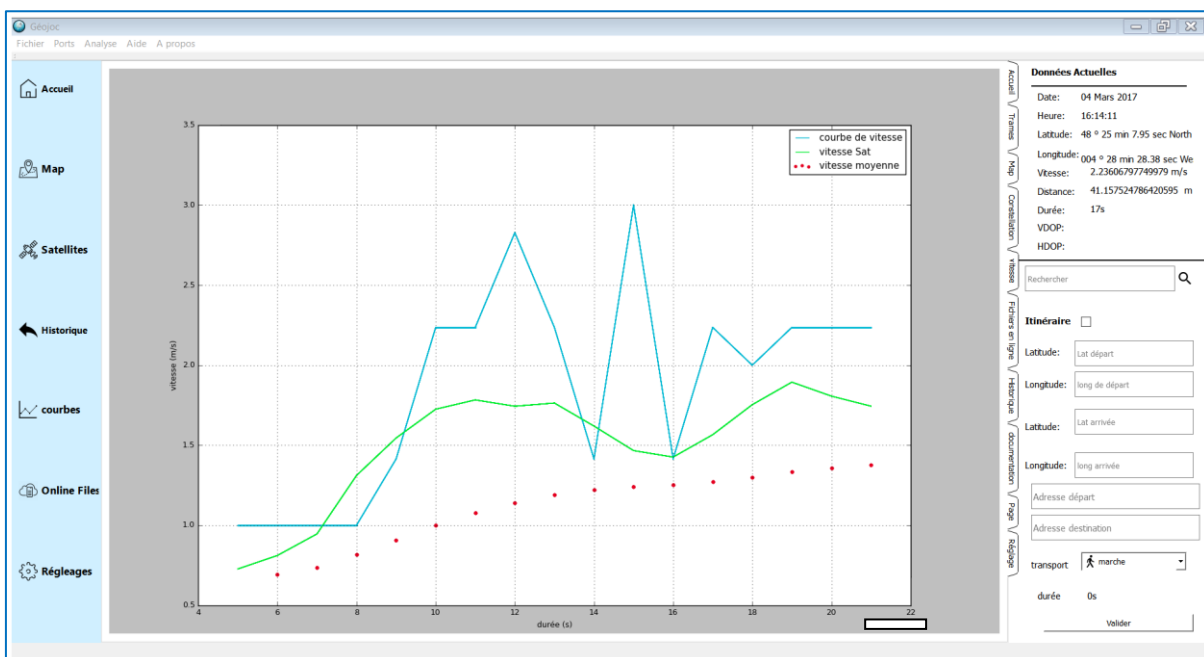


Figure 17: onglet constellation

Courbes de l'évolution de la vitesse en fonction du temps : les point en rouge représente la vitesse moyenne, la courbe en verte représente la vitesse donnée par le satellite, celle en bleue est une vitesse que nous avons calculée en faisant utilisant la formule  $v=d/t$  où d est la distance parcourue entre deux positions et t la durée écoulée entre ces deux mesures



### 3. DIFFICULTES MAJEURES

Le long du projet, nous avons fait face à plusieurs difficultés les une plus grandes que les autres. La première était l'exploitation des données codées dans l'image géo référencées disponibles sur Moodle, la documentation pas compréhensible de la librairie GDAL (version sd2.1.3) n'a pas assoupli la tâche. Après bon nombre de recherche sur des forums notamment **openclassroom**, **developpez.com** et **stackoverflow** nous avons pu palier cette difficulté. La seconde était l'utilisation d'**osmapi** après installation de la librairie sur le pc d'un des nôtres (afin de pouvoir travailler à domicile) les codes fournis par la documentation ne fonctionnaient pas. Nous avons essayé sur un autre pc mais fonctionnait tout de même chez un autre nous avons des erreurs lien aux requêtes https c'est après un échange après un TP informatique (15/02/2017) que M. Christophe OSWALD nous a suggéré d'utiliser un point d'accès wifi personnel ce qui a résolu le problème mais l'exploitation des données fournies par OSMAPI demeurait la principale problématique nous avons donc opté pour l'api Google map. Pour le calcul des itinéraires. La dernière portait sur stockage des données sur un serveur après s'être documentés sur les api Google **drive**, **OneDrive** de **Microsoft** nous avons opté sur celle de **Google** pour la forte documentation. Cependant, le code fourni dans la documentation générait tout de même des erreurs. Nous avons mené une dernière recherche sur l'api python de **Dropbox** qui s'est avérée plus simple à mettre en œuvre.

## CONCLUSION GENERALE

### Rappels du problème

Notre travail consistait à créer une interface python exploitant les trames et permettant l'affichage de la position d'une antenne GPS sur un fond cartographique, enregistrant l'historique des positions et informant l'état de constellation GPS observées.

### Solutions proposées

Nous pouvons dire que ces objectifs ont été atteints malgré le laps de temps et surtout malgré les difficultés rencontrées ; le programme que nous avons développé tout au long de ce module permet d'atteindre ces objectifs fixés car notre interface affiche les trames NMAE, la date, les coordonnées géographiques (longitude, latitude), la vitesse, la distance parcourue, la durée, l'état de constellation, la courbe d'évolution de la vitesse.

### Perspectives

Rendu à ce stade, notre projet se limite à une portion géographique, nous aimerions à l'avenir l'étendre sur tout l'étendu du globe. De même, nous aimerions apporter aux sportifs, une sorte d'assistance lui permettant ainsi de suivre sa progression ou sa régression.

### Apports

La mise sur pied de ce projet nous a permis de développer certaines compétences à savoir :

- Notions sur les GNSS, la Géodésie, le protocole NMEA ;
- Communication série(Pyserial), lecture d'images géo référencées (Gdal) et développement de l'interface (Pyqt 4).

## IV. ANNEXE

### Annexe 1

```
def setPort1(self):
    """
    définit le port source du récepteur
    Paramètres: aucun
    Le Baudrate est donné par la documentation le bit de stop et le bit de parité sont donnés par la documentation
    Certains paramètres tel que le bit de parité se sont révélés facultatifs
    """
    self.dataSource=Serial(self.list_ports[0],4800,timeout=1)
    #facultatif
    #self.dataSource.stopbits=1
    #self.dataSource.parity=None ;
```

### Annexe 2

```
def conv_lat(donnees):
    return int(donnees[5:7])/60+float(donnees[12:16])/3600+int(donnees[0:2])

def conv_lon(donnees):
    return -(int(donnees[6:8])/60+float(donnees[13:18])/3600+int(donnees[0:3]))
```

### Annexe 3

```
def get_x_y(L,l):
    """
    calcul les coordonnées cartésiennes à partir de la latitude et de la longitude
    Paramètres :
    L latitude(float),longitude l(float)
    Renvoie:
    x,y coordonnées cartésiennes
    """

    point=ogr.Geometry(ogr.wkbPoint)
    point.AddPoint(l,L)
    initSpatialRef=osr.SpatialReference()
    initSpatialRef.ImportFromEPSG(inputRef93_2) outSpatialRef=osr.SpatialReference()
    outSpatialRef=osr.SpatialReference()
    outSpatialRef.ImportFromEPSG(outputREPSG_2)
    outSpatialRef.ImportFromEPSG(outputREPSG_2)
    coordonnateTransrom=osr.CoordinateTransformation(initSpatialRef,outSpatialRef)
    point.Transform(coordonnateTransrom)
    return point.GetX(),point.GetY()

def pt_carte(x,y,xoff,yoff,a,b,d,e):
    """
    calcul la position d'un point sur l'image
    Paramètres:
    ( x ,y ) codronnées cartésiens ,xoff,yoff coordonnées de l'origine de l'image float,a,b,v,e,d
    Renvoie:
    i,j coordonnées du point sur l'image
    """
    i=(e*(x-xoff)-(b*(y-yoff)))/(a*e-b*d)
    j=(a*(y-yoff)-(d*(x-xoff)))/(a*e-b*d)
    return (i,j)
```

### Annexe 4

```
def dessinner(self):
    """
    dessiner la carte la constellation
    """
    self.axConstellation.cla()
```



```

self.axConstellation.annotate("Nord", xy=((90*3.14)/180,90.1), fontsize=15)
self.axConstellation.annotate("Sud", xy=((270*3.14)/180,90.1), fontsize=15)
self.axConstellation.annotate("Ouest", xy=((180*3.14)/180,90.1), fontsize=15)
self.axConstellation.annotate("Est", xy=((5*3.14)/180,90.1), fontsize=15)

for s in self.gps._GpsHandle__list_satellite_v:
    elev,theta=90-float(s.getElevation()),float(s.getAzimuth())
    self.axConstellation.scatter((theta*3.14)/180, elev,color=f.getColor(s.getSnr()), s=1000)
    self.axConstellation.annotate("PRN"+str(s.getId()), xy=((theta*3.14)/180, elev), fontsize=15)
self.axConstellation.set_rmax(90)
self.matplotlibwidget_2.draw()
print(" fin -----## "+str(len(self.gps._GpsHandle__list_satellite_v)))

```

#### Annexe 5

```

dbx = dropbox.Dropbox('y5XpGiDJvVAAAAAAAAAAJKUwS8UAZAPYfV6t1jcNcmmbEuNNAj43IKFG96ro_d4e')
for entry in dbx.files_list_folder('').entries:
    print(entry.name)
dropbox.files.CreateFolderArg("/nav.txt")
f=open(os.getcwd()+"/sauce.txt",'rb')
dbx.files_upload(f.read(),"/geonav/cloud.txt" )
md, res = dbx.files_download("/geonav/gps_data.txt")
print(md,res)

```

## V. BIBLIOGRAPHIE

- [1] : [http://www.pierro-astro.com/materiel-astronomique/accessoires-astronomie/collimation/etoiles-artificielles-9-um-et-50-um\\_detail](http://www.pierro-astro.com/materiel-astronomique/accessoires-astronomie/collimation/etoiles-artificielles-9-um-et-50-um_detail)
- [2] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/TRANSIT\\_\(satellite\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/TRANSIT_(satellite))
- [3] : « Diapositive 1 - Briefing\_Presentation-GNSS.pdf ». Consulté le 31 janvier 2017. [http://www.ailestourangelles.fr/wp-content/uploads/2015/09/Briefing\\_Presentation-GNSS.pdf](http://www.ailestourangelles.fr/wp-content/uploads/2015/09/Briefing_Presentation-GNSS.pdf).
- [4] :
- [5] : Beidou. (2016, novembre 12). In *Wikipédia*. Consulté à l'adresse <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Beidou&oldid=131763768>
- [6] : « Avec Galileo, l'Europe s'affranchira dès 2017 du GPS américain ». Consulté le 1 février 2017. <https://www.letemps.ch/sciences/2016/11/14/galileo-leurope-saffranchira-2017-gps-americain>.
- [7] : « GLONASS ». *Wikipédia*, 15 janvier 2017. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=GLONASS&oldid=133671285>.
- [8] : « origine et fonctionnement des GPS - Recherche Google ». Consulté le 31 janvier 2017. [https://www.google.fr/search?q=origine+et+fonctionnement+des+GPS&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe\\_rd=cr&ei=gM-QWPzdJuP-8Afooa\\_IAG](https://www.google.fr/search?q=origine+et+fonctionnement+des+GPS&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b-ab&gfe_rd=cr&ei=gM-QWPzdJuP-8Afooa_IAG).
- [9] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)
- [10] : Système de positionnement par satellites. (2017a, janvier 25). In *Wikipédia*. Consulté à l'adresse [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Syst%C3%A8me\\_de\\_positionnement\\_par\\_satellites&oldid=133980058](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Syst%C3%A8me_de_positionnement_par_satellites&oldid=133980058)
- [11] : Quel est le principe de fonctionnement du GPS ? - Couleur-Science. (s. d.). Consulté 6 février 2017, à l'adresse <https://couleur-science.eu/?d=2016/06/02/17/54/23-quel-est-le-principe-de-fonctionnement-du-gps>
- [12] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)
- [13] : <http://reperageterrestre.free.fr/principe.html>

[14] : Le fonctionnement du GPS. (s. d.-a). Consulté 6 février 2017, à l'adresse

<http://reperageterrestre.free.fr/principe.html>

[15] : Port série et port parallèle. (s. d.). Consulté 22 février 2017, à l'adresse

<http://www.commentcamarche.net/contents/770-port-serie-et-port-parallele>

[16] : RS-232. (2016, décembre 19). In *Wikipédia*. Consulté à l'adresse

<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=RS-232&oldid=132842432>

[17] : Transmission de données - Les modes de transmission. (s. d.). Consulté 27 février 2017,

à l'adresse <http://www.commentcamarche.net/contents/1131-transmission-de-donnees-les-modes-de-transmission>

[18] : GlobalSat BU-353-S4 Récepteur GPS USB imperméable (SiRF Star IV). (s. d.).

Consulté 27 février 2017, à l'adresse <http://www.expansys.fr/globalsat-bu-353-s4-recepteur-gps-usb-impermeable-sirf-star-iv-231523/>

[19] : [https://moodle.ensta-](https://moodle.ensta-bretagne.fr/pluginfile.php/45791/mod_resource/content/1/GMouse_Win_UsersGuide-V11.pdf)

[bretagne.fr/pluginfile.php/45791/mod\\_resource/content/1/GMouse Win UsersGuide-V11.pdf](https://moodle.ensta-bretagne.fr/pluginfile.php/45791/mod_resource/content/1/GMouse_Win_UsersGuide-V11.pdf)

[20] [https://moodle.ensta-](https://moodle.ensta-bretagne.fr/pluginfile.php/45793/mod_resource/content/1/NMEAdescription_gy_12.pdf)

[bretagne.fr/pluginfile.php/45793/mod\\_resource/content/1/NMEAdescription\\_gy\\_12.pdf](https://moodle.ensta-bretagne.fr/pluginfile.php/45793/mod_resource/content/1/NMEAdescription_gy_12.pdf)

[21] [http://www.gpspassion.com/forumsen/topic.asp?TOPIC\\_ID=17661](http://www.gpspassion.com/forumsen/topic.asp?TOPIC_ID=17661)

[22] [https://fr.wikipedia.org/wiki/NMEA\\_0183](https://fr.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183)

[23] Paul Correia. *Guide pratique du GPS 4<sup>ème</sup> édition* EYROLLES, 205 p.

ISBN 2-212-11497-4