

Études des systèmes GNSS des smartphones

Noë Charlier

Professeurs: **C. Delacour, M. Petitcuenot**

Classe préparatoire aux grandes écoles
PT

Lycée Paul Constans



TIPE - 2022, 2023

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 L'ionosphère
- 3 Objectifs & Expérimentations
- 4 Positionnement thématique

Introduction

Besoin grandissant de solution GNSS :

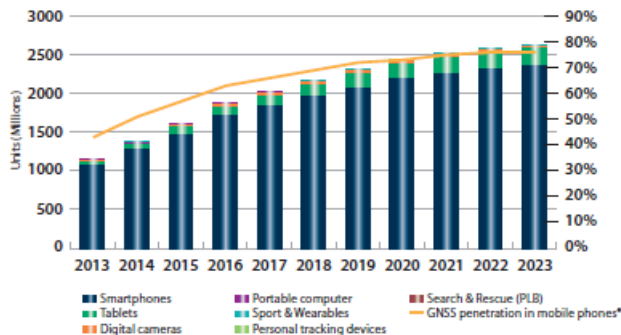


Figure 1 – Appareils GNSS par plate-forme. [2]

Définition GNSS

GNSS : *Global Navigation Satellite System* (Système de navigation par satellite global)

Constellation de satellites permettant de localiser un point sur la Terre.

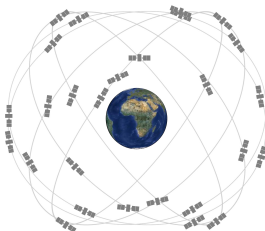


Figure 2 – Système de navigation par satellite global. [3]

Fonctionnement du GPS

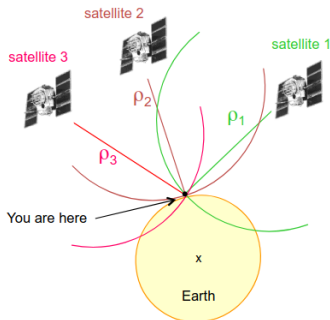


Figure 3 – Fonctionnement du GPS.
[1]

Une sphère de rayon $\rho_1 = (\Delta t_1 \cdot c)$
3 satellites, intersection des 3
sphères.

Et donc $\rho_s =$

$$\sqrt{(X^s - X_r)^2 + (Y^s - Y_r)^2 + (Z^s - Z_r)^2}$$

Avec :

- X^s, Y^s, Z^s : coordonnées du satellite s ;
- X_r, Y_r, Z_r : coordonnées du récepteur.

Sources d'incertitude

- Les horloges des satellites et des récepteurs ne sont pas synchronisés. (δt)
- Réfraction lors de la propagation dans l'atmosphère :
 - ① Troposphérique (dépend de la température et de la pression atmosphérique) (T_r^s)
 - ② Ionosphérique (dépend de la densité ionique) (I_r^s)

Modèle plus complet :

$$R_r^s = \rho_r^s + c\delta t + T_r^s + I_r^s + \dots \quad (1)$$

Les systèmes GNSS sont basés sur des orbites prédites émises par les satellites.

Ces **éphémérides** doivent donc être très précises. (Perturbation gravitationnelle (cf. Annexe), radiation solaire ...)

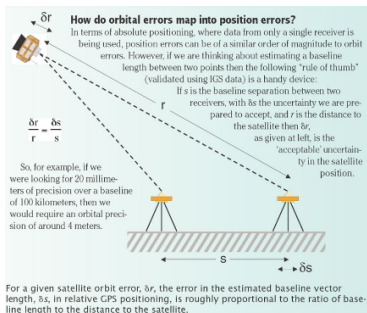


Figure 4 – Précision des orbites. [1]

Il existe aussi des services qui recalculent les éphémérides a posteriori. (eg. IGN)

Définition

L'ionosphère : L'ionosphère est la couche de l'atmosphère située entre 60 et 1000 km d'altitude. Elle est constituée de particules chargées électriquement, les ions, qui sont en mouvement.

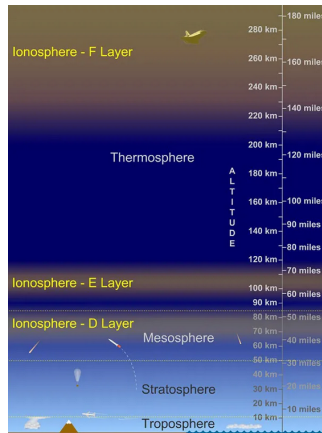


Figure 5 – Régions de l'ionosphère [5]

Impact sur la propagation

Impact sur la propagation :

- **Propagation directe** - La propagation directe est la propagation d'une onde radio entre deux points sans interaction avec l'ionosphère.
- **Propagation diffusée** - La propagation diffusée est la propagation d'une onde radio entre deux points avec interaction avec l'ionosphère.

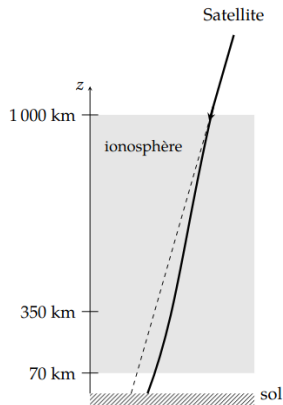


Figure 6 – Propagation directe et diffusée [4]

Total Electron Content (Contenu total d'électrons)

TEC : Quantité d'électrons présents dans une couche de l'ionosphère.

Expérimentations (& Simulations numérique) et Objectifs

Expérimentations :

- **Etude du lien entre SID et précision GPS** - Capteur GPS, et récepteur basse fréquence

Modélisations :

- **Système GPS réduit** - Modélisation d'un système de résolution GPS afin de lier les résultats expérimentaux.

Positionnement thématique

Positionnement thématique :

- **Physique** - Physique Interdisciplinaire
- **Sciences Industrielles** - Traitement du Signal & Électronique
- **Informatiques** - Informatique Pratique
- **Mathématiques** - Mathématiques Appliquées

Des Questions ?

Bibliographie

- [1] Eric CALAIS. *Géopositionnement GNSS, principe et applications*.
URL : <https://www.geologie.ens.fr/~ecalais/teaching/geopositionnement-gnss>.
- [2] ESA. *GNSS Market Report*. URL : https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GNSS_Market_Report#Report_Overview.
- [3] GPS.GOV. *GPS Constellation*. URL :
<https://www.gps.gov/multimedia/images/constellation.jpg>.
- [4] E3A - POLYTECH. *Épreuve de Physique*. 2020.
- [5] Randy Russell UNIVERSITY CORPORATION FOR
ATMOSPHERIC RESEARCH. *Regions of the ionosphere, showing the
D, E, and F layers*. URL : <https://scied.ucar.edu/learning-zone/atmosphere/ionosphere>.

Modélisation, perturbation gravitationnelle