

Comment se repérer avec précision à travers le globe ?

Bruno

May 18, 2025

- 1 Introduction
- 2 Le positionnement par satellites
 - Les erreurs de mesure des systèmes GNSS
 - À quoi ça sert ?
- 3 D'autres manières de se repérer sur terre
- 4 Les améliorations possibles du GNSS
- 5 Les améliorations possibles du GNSS
 - Plus de détails sur les constellations

Je vais commencer par aborder ce qu'on appelle « GPS » dans le langage courant.

- Que veut dire l'acronyme « GPS » ?
- Qui a déjà entendu parler du « GNSS » ?
- Quelles sont les possibilités pour connaître sa position ?
- Quelle peut être l'utilité de ce genre de technologie ?

Le positionnement par satellites

Un peu de théorie

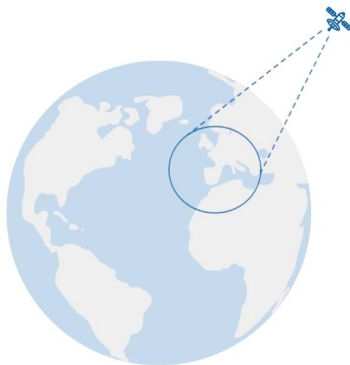


Figure: Quelles informations un satellite nous donne-t-il ?

Le positionnement par satellites

Un peu de théorie

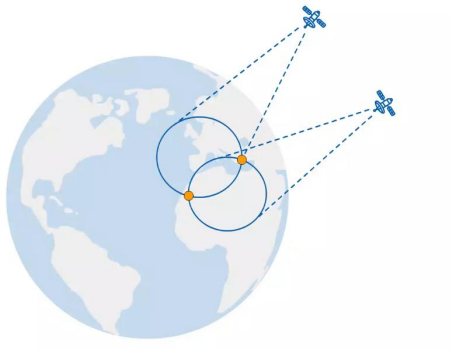


Figure: Ajoutons un deuxième satellite.

Le positionnement par satellites

Un peu de théorie

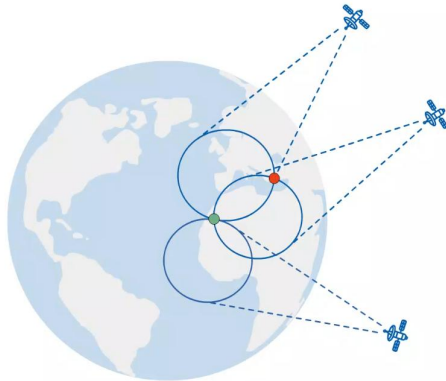


Figure: Est-il possible de déterminer sa position avec trois satellites ?

Le positionnement par satellites

Un peu de théorie

- Les satellites envoient leurs positions précises.
- Les satellites transmettent l'heure exacte à laquelle le signal a été émis.
 - Le temps du récepteur peut être considéré comme inconnu.
 - Les satellites ont une horloge atomique interne et sont synchronisés entre eux.
 - En mesurant le temps que met chaque signal à arriver, le récepteur calcule la distance qui le sépare de chaque satellite.
 - Temps + position 3D = 4 inconnues.

Le positionnement par satellites

Si le récepteur n'a pas d'horloge précise.

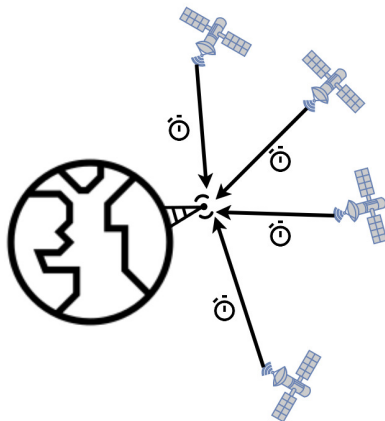


Figure: Un récepteur capte les signaux de quatre satellites.

Le positionnement par satellites

Les segments

Segment	Explication
Segment spatial	Satellite en orbite MEO (31 GPS, 24 + 6 Galileo, 26 GLONASS, 35 BeiDou, ...)
Segment de contrôle	Des stations au sol surveillent, corrigent et synchronisent les satellites.
Segment utilisateurs	Récepteurs GNSS

Le positionnement par satellites

Les erreurs de mesure des systèmes GNSS

- Erreurs des horloges des satellites
- Erreurs d'orbite
- Délais ionosphériques
- Délais troposphériques
- Multitrajets (multipath)
- Bruits du récepteur
- « Jamming »
- « Spoofing »

Le positionnement par satellites

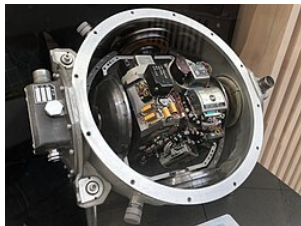
À quoi ça sert ?

- Se positionner (évidement)
 - Navigation aérienne
 - Automobile (autonome ou non)
 - Tracker toutes sortes de mobiles
- Cartographier et surveiller le terrain. (le niveau de la mer, les mouvements des plaques tectoniques, etc)
- Monitorer différentes couches de l'atmosphère (principalement ionosphère et troposphère)
- Synchroniser son temps sans devoir être connecté à Internet ou mettre en place un système de synchronisation.
- Mesurer l'humidité du sol, etc

D'autres manières de se repérer sur terre

Les « services de localisation »

- Adresse IP (vague estimation)
- « Wi-Fi positioning system », implication de google street view
- « LTE positioning »
- IMU (Accéléromètre, gyroscope et magnétomètre)



- De manière plus « manuelle » : une boussole ? Les étoiles ?

Le positionnement par satellites

Les améliorations possibles du GNSS

- En combinant d'autres moyens de positionnement
- Avec le RTK
- Avec le SBAS

Le positionnement par satellites

Les améliorations possibles du GNSS

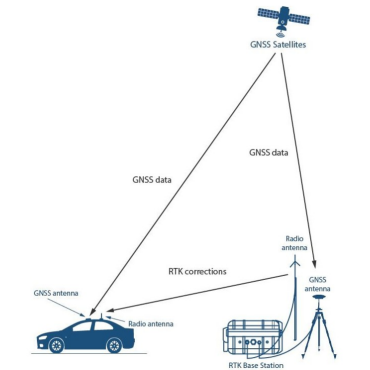


Figure: Amélioration du positionnement avec du RTK

Le positionnement par satellites

Plus de détails sur les constellations

System	précision	Particularité
GPS	30 / 500 cm	
Galileo	4m ~ 8m; 20cm/40cm avec HAS	HAS utilise plusieurs fréquences
GLONASS	5 / 10m ~ 15m (100 mm/s, 200 ns)	Transmet en FDMA
BeiDou	3.6 m (global); 2.6 m (Asia Pacific); 10 cm (encrypted)	
NavIC (IRNSS)	3m public, 2m encrypted	
QZSS	PNT <10 m; SLAS <1 m; CLAS <10 cm	Complémentaires au GPS, 3 satellites au-dessus de la région du Japon / Australie