

The image features three GPS watches with satellite antennas, set against a space background with the Earth visible at the bottom. The watch in the center is a silver chronograph with a black strap and a red digital display showing '18:30:26'. The watch on the left has a silver metal link bracelet and a green dial. The watch on the right has a white metal link bracelet and a black dial with '15:20' displayed. The watches are arranged in a triangular pattern, with their satellite antennas pointing towards the top of the frame.

GPS is fun

Les systèmes de positionnement par satellites

Une des 7 merveilles du monde technologique*

*les autres : microprocesseur, le télescope Hubble, le LHC du CERN, internet, l'hélicoptère et le laser



*Depuis quelle année est-ce que le GPS est
totalement opérationnel ?*

1995

2000

2005

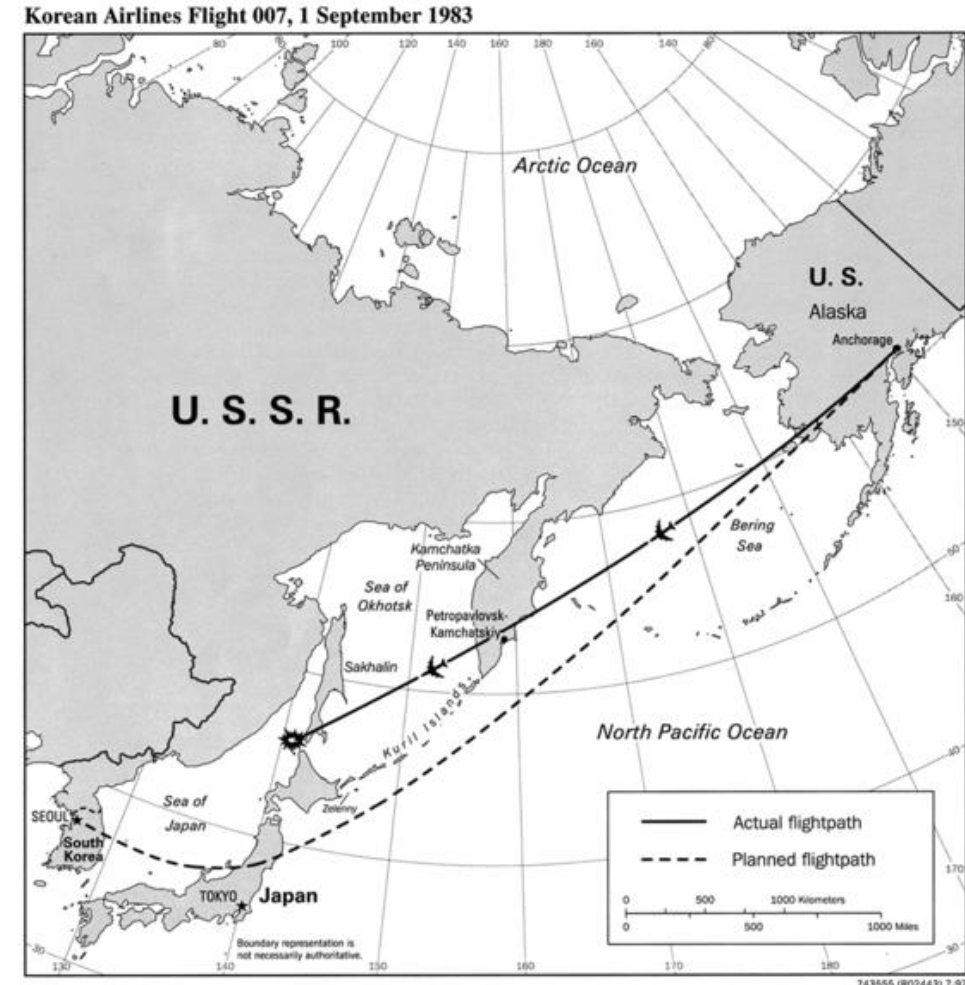


Depuis quelle année est-ce que le GPS est totalement opérationnel ?

- 1995
- 2000
- 2005

Historique du GPS

- GPS (USA) : constellation d'au moins 24 satellites lancés à partir de 1978
- Usages militaires initialement, étendu au civil après le drame du Korean Air Lines 007 en 1983
- Totalemment opérationnel en 1995
- Arrêt du brouillage civil en 2000





Quels autres pays disposent de leur propre système de positionnement par satellites fonctionnel ?

Russie

Union Européenne

Japon

Chine



Quels autres pays disposent de leur propre système de positionnement par satellites fonctionnel ?

- Russie
- Union Européenne
- Japon
- Chine

Autres constellations

- GLONASS (Russie) : opérationnel
- Galileo (UE) : opérationnel (depuis peu)
- Beidou (Chine) : opérationnel (géostationnaire)
- Michibiki (Japon) : uniquement en augmentation du GPS



Quels sont les informations que l'utilisateur envoie aux satellites ?

Son identifiant

Son identifiant et sa dernière position connue

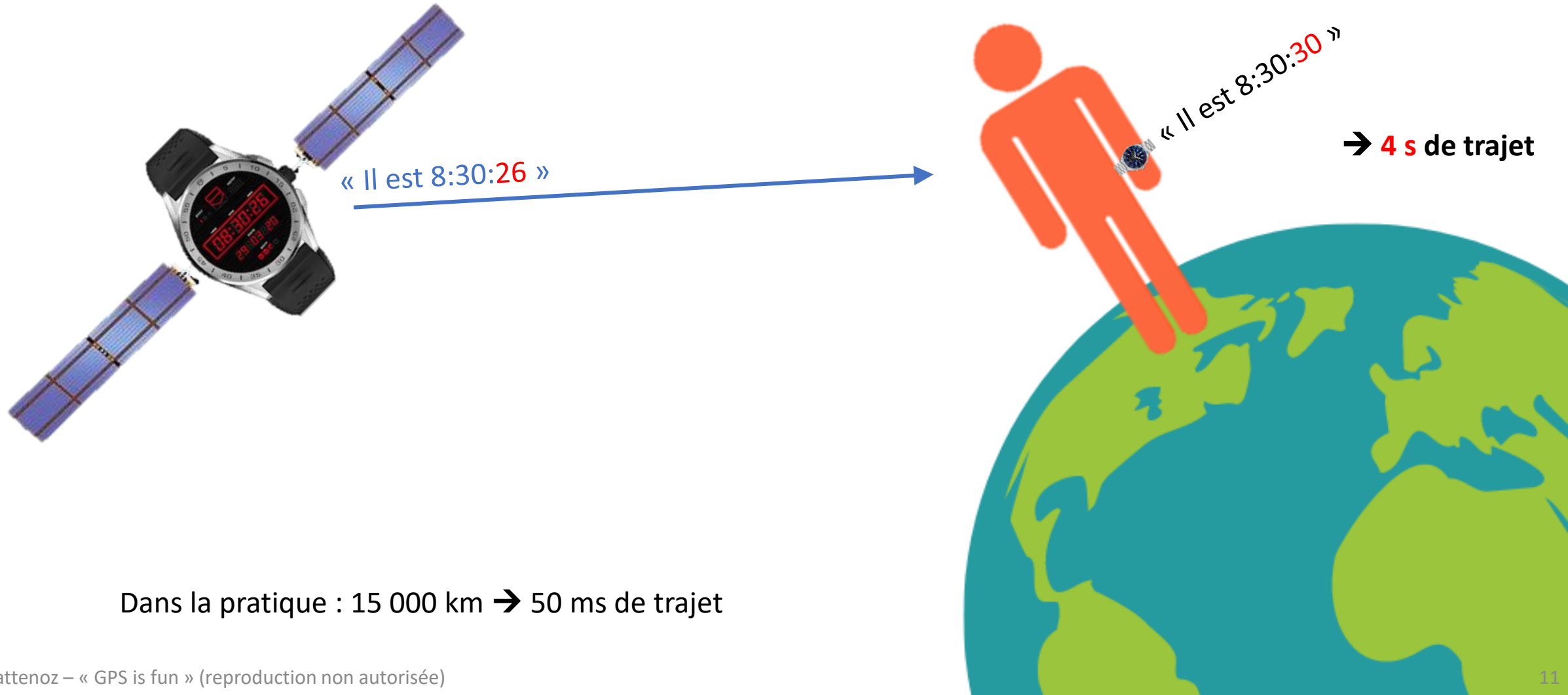
Aucune information



Quels sont les informations que l'utilisateur envoie aux satellites ?

- Son identifiant
- Son identifiant et sa dernière position connue
- Aucune information

Mesure du temps de déplacement des signaux



Dans la pratique : 15 000 km → 50 ms de trajet



*A partir de quel nombre de satellites visibles
peut-on obtenir une position ?*

- 1
- 2
- 3
- 4

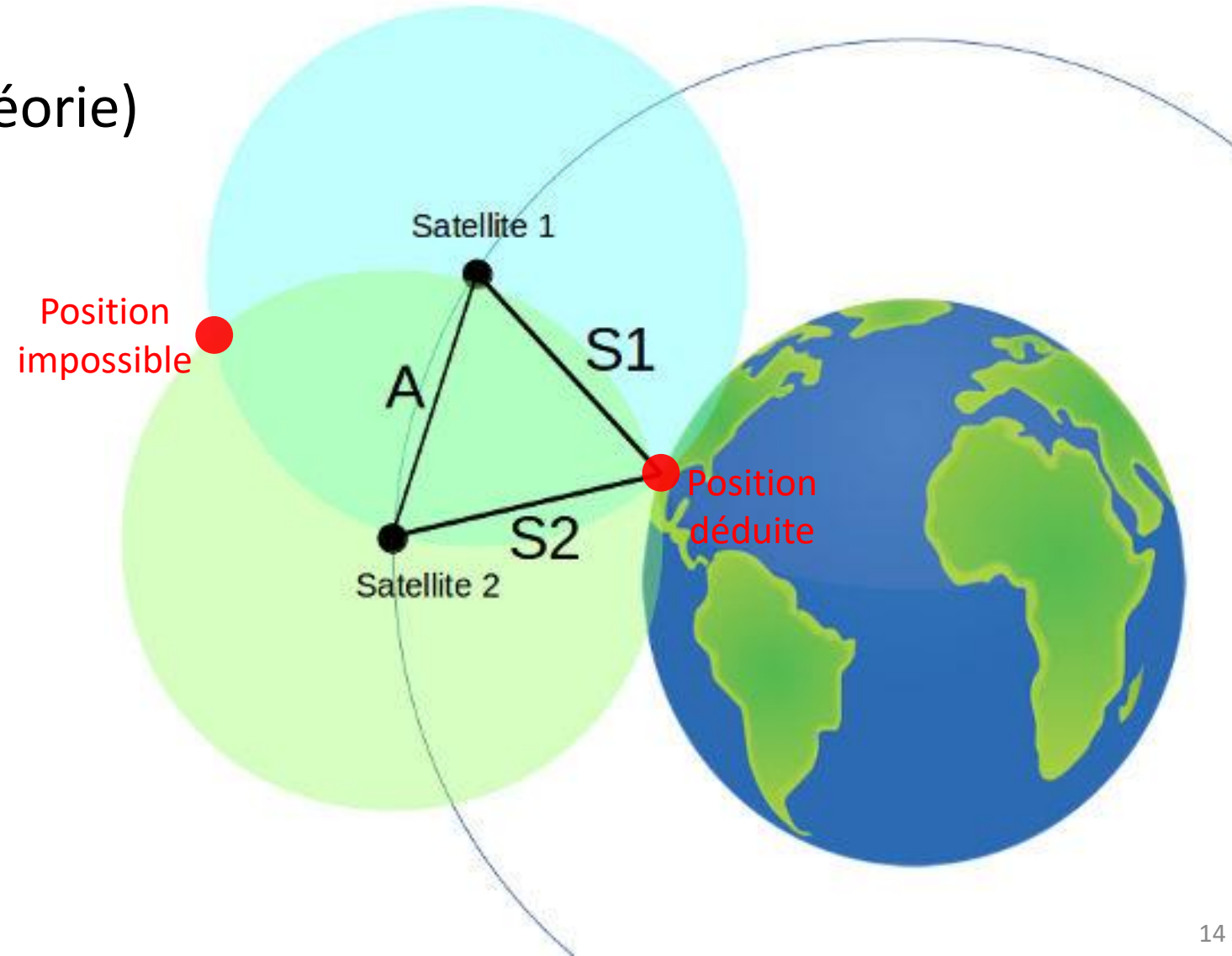


*A partir de quel nombre de satellites visibles
peut-on obtenir une position ?*

- 1
- 2
- 3
- 4

Positionnement par triangulation

- Deux satellites en 2D (en théorie)
- Trois satellites en 3D ?

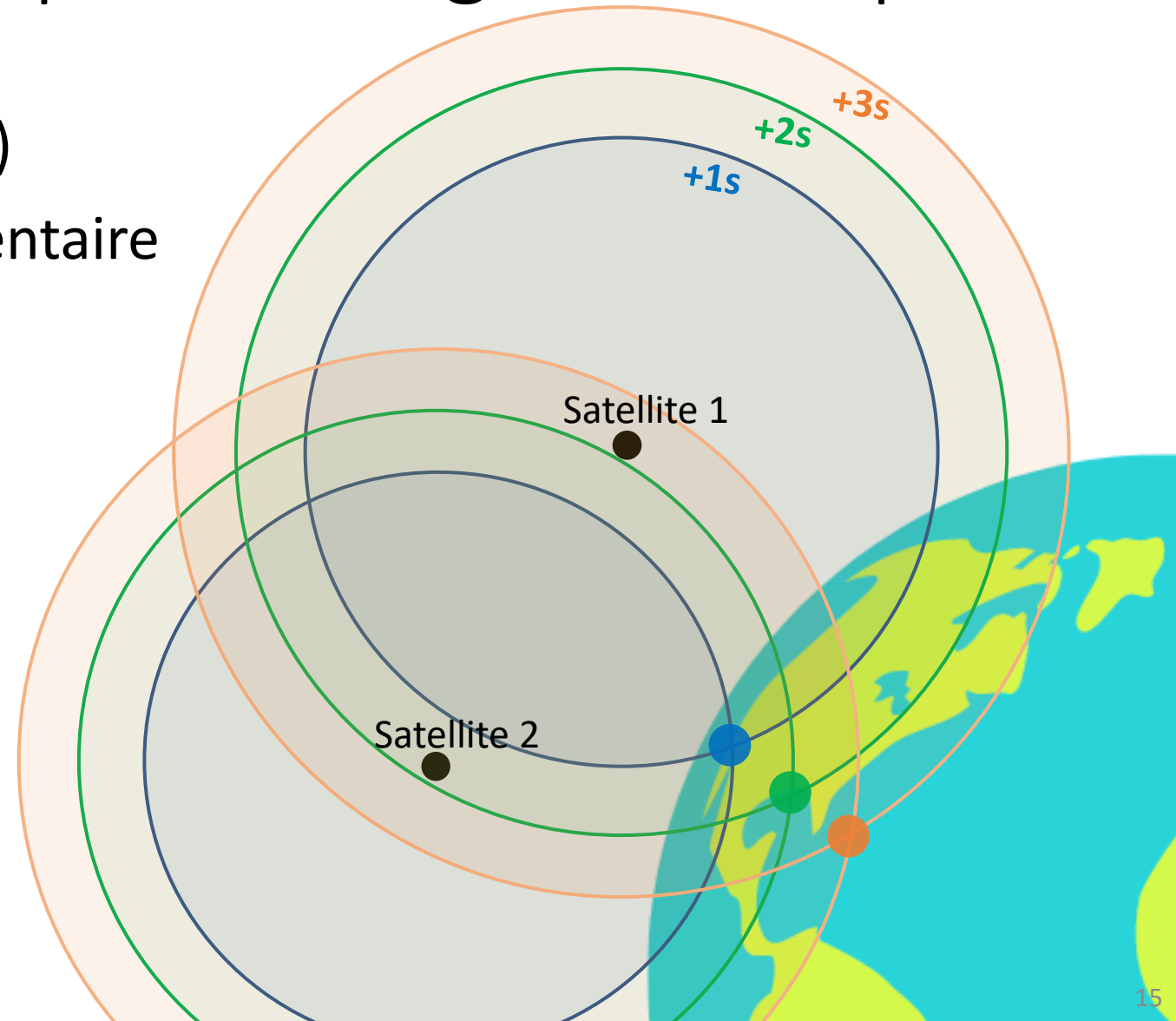


Imprécision sur le temps d'horloge du récepteur

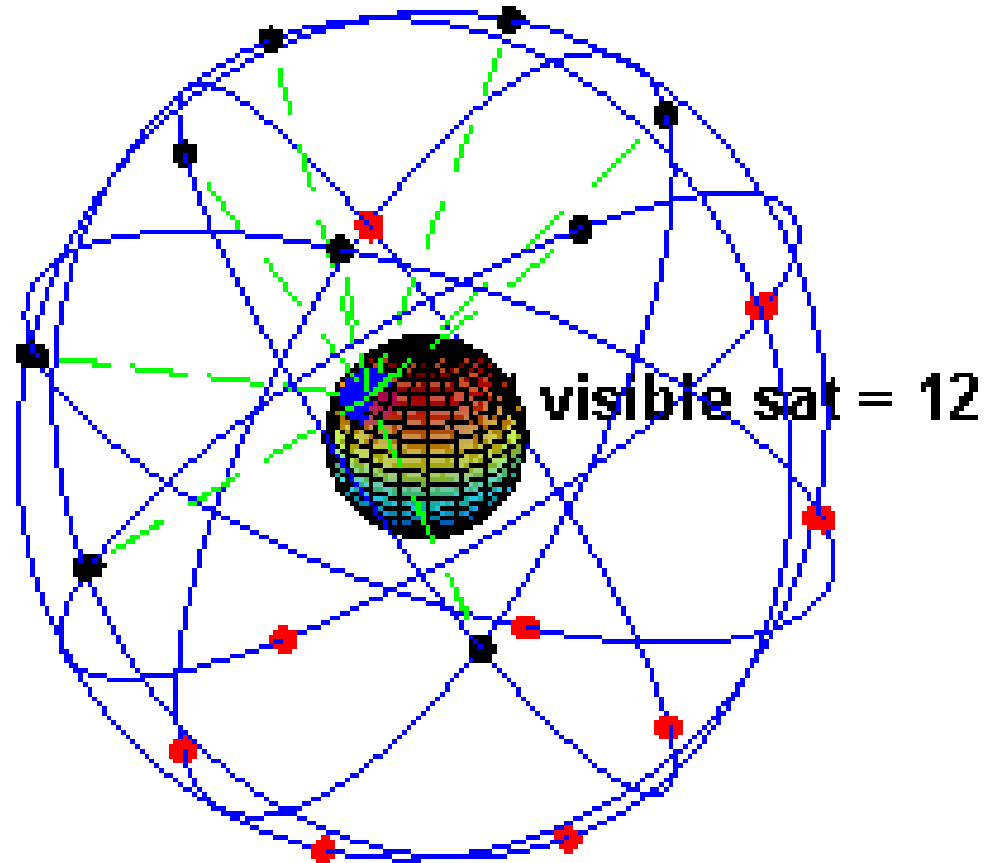
Décalage inconnu (mais commun)

→ Besoin d'un satellite supplémentaire

1 ms d'imprécision → 300 km d'imprécision



Souvent plus de 4 satellites visibles





A quelle puissance les satellites émettent-ils pour être captés sur tout le globe ?

25 W (puissance d'une ampoule)

250 W (puissance d'un PC)

2,5 kW (puissance du phare de la Tour Eiffel)

25 kW (puissance d'une demi-Twingo)

250 kW (puissance d'une Porsche 911 de 2012)



A quelle puissance les satellites émettent-ils pour être captés sur tout le globe ?

- 25 W (puissance d'une ampoule)
- 250 W (puissance d'un PC)
- 2,5 kW (puissance du phare de la Tour Eiffel)
- 25 kW (puissance d'une demi-Twingo)
- 250 kW (puissance d'une Porsche 911 de 2012)

Puissances faibles

- Emission : 25 W
 - Altitude de 20 000 km
- Puissance du signal reçu 45 fois inférieure à celle du bruit thermique

Ampoule standard 12V 25W E27

★★★★★ 1 Commentaire(s) | [Ajoutez votre commentaire](#)



Notre prix: **3,40 €**



Achetez plus, payez moins

Achetez-en 10 à **3,09 €** pièce Achetez-en 100 à **2,93 €** pièce

[Pour plus de ... pièces, demandez-vous une réduction](#)

[Je voudrais savoir plus sur ce produit](#)

Qté :



Ajouter au panier

Délai de livraison: 3-4 jours.



*Comment fait-on pour arriver à retrouver
chaque signal dans tout ce bruit ?*

On attend le moment où le bruit est plus faible

On donne une signature spécifique au signal de chaque satellite

On attribue une fréquence spécifique à chaque satellite

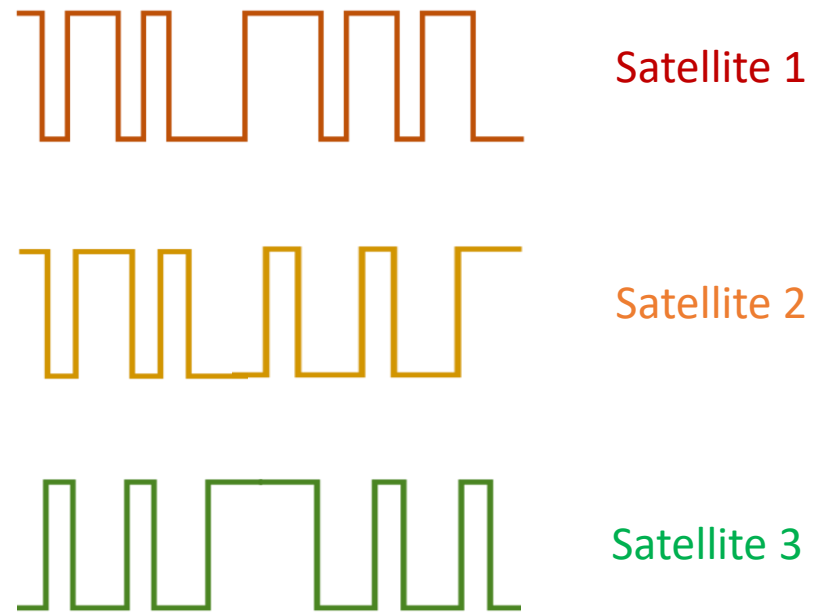


Comment fait-on pour arriver à retrouver chaque signal dans tout ce bruit ?

- ❌ On attend le moment où le bruit est plus faible
- ✅ On donne une signature spécifique au signal de chaque satellite
- ❌ On attribue une fréquence spécifique à chaque satellite

Modulation avec des codes de phase

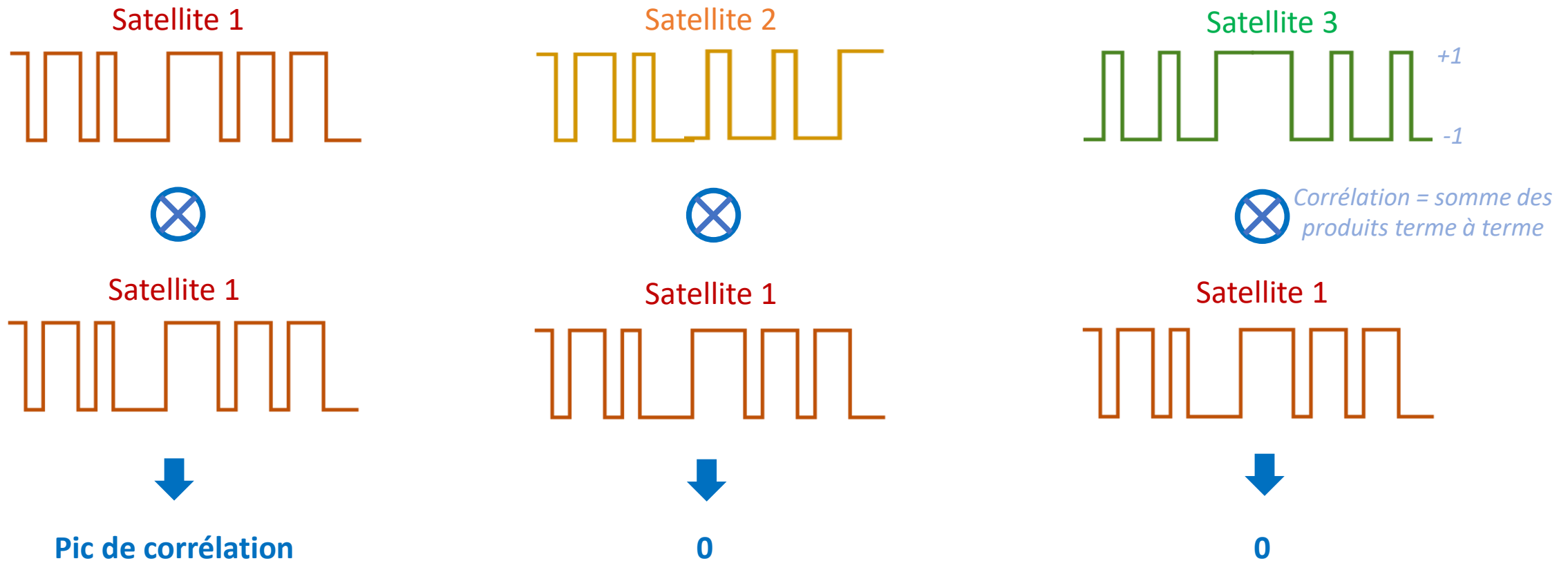
- Un « code de phase » spécifique est attribué à chaque satellite



Chaque motif est constitué de 1023 bits de 1 μ s

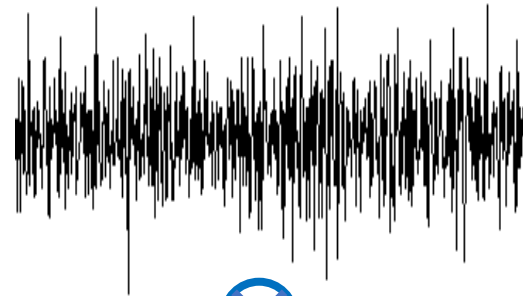
Modulation avec des codes de phase

- Corrélation avec motif propre pour séparer chaque signal



Modulation avec des codes de phase

- Corrélation avec motif pour faire ressortir le signal du bruit



Satellite 1



- Pic de corrélation si satellite 1 présent
- Bruit résiduel sinon



*Pourquoi ça prend du temps au démarrage
pour trouver la position ?*

C'est le temps de faire monter l'antenne à la bonne température
C'est le temps de recréer les motifs de chaque satellite
C'est le temps de trouver les pics de corrélation

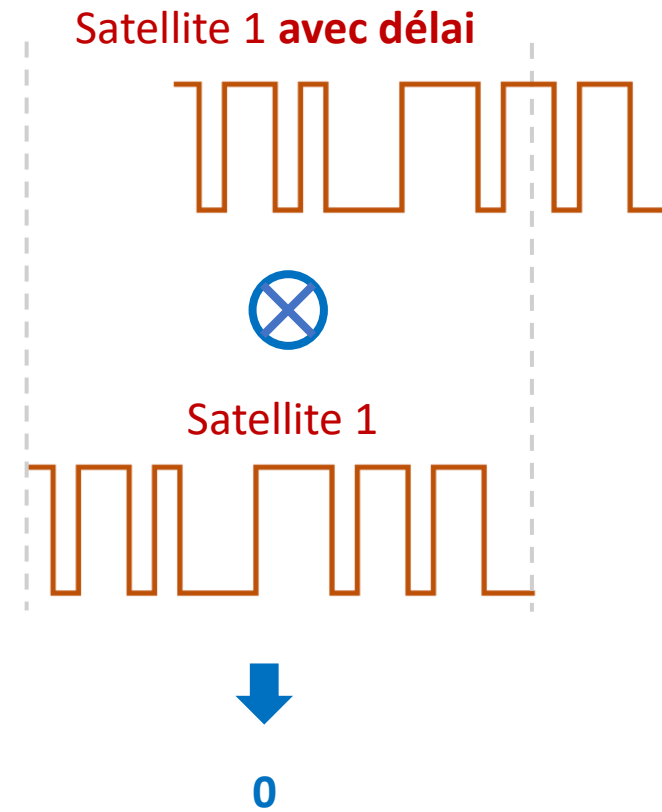
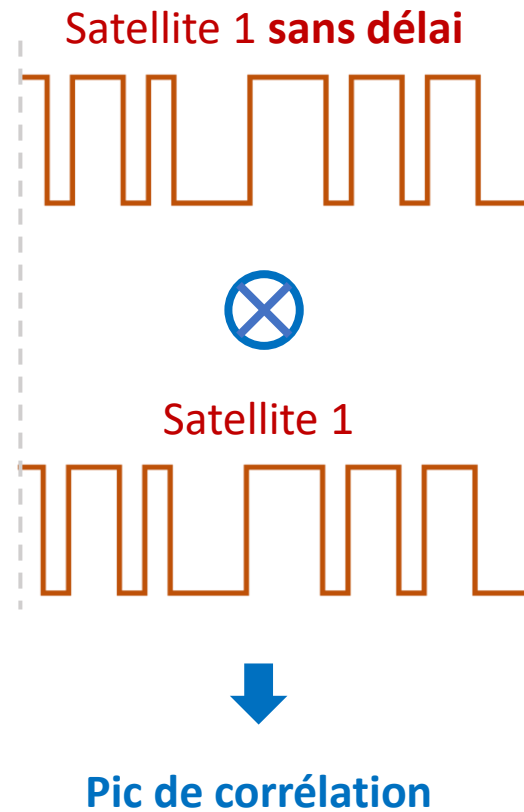


*Pourquoi ça prend du temps au démarrage
pour trouver la position ?*

- ❌ C'est le temps de faire monter l'antenne à la bonne température
- ❌ C'est le temps de recréer les motifs de chaque satellite
- ✅ C'est le temps de trouver les pics de corrélation

Impact du délai

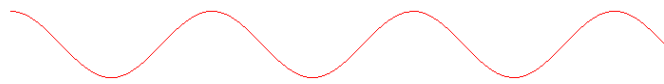
- On ne connaît pas le délai a priori



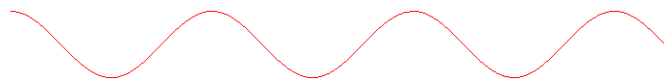
Impact du Doppler

- Effet Doppler dû à la vitesse des satellites

Signal 1 sans Doppler

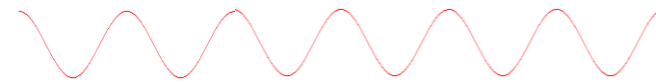


Signal 1



Pic de corrélation

Signal 1 avec Doppler



Signal 1

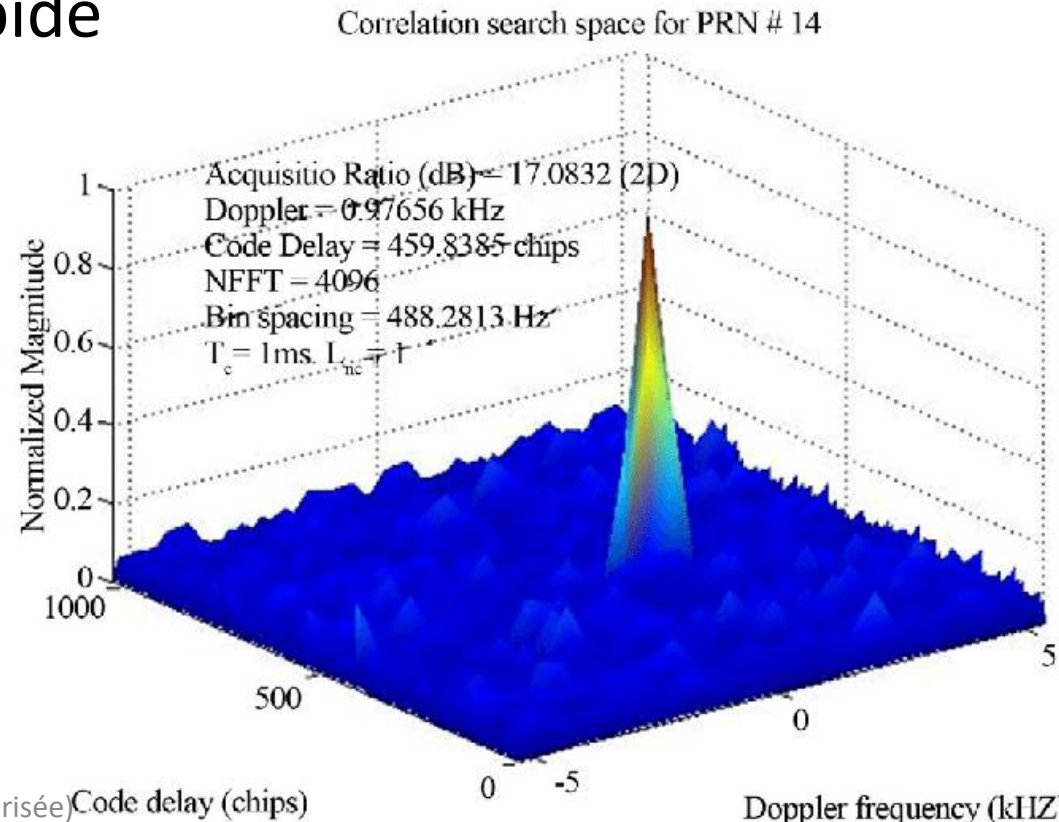


0

Vitesse satellite : 14 000 km/h

Recherche du pic de corrélation

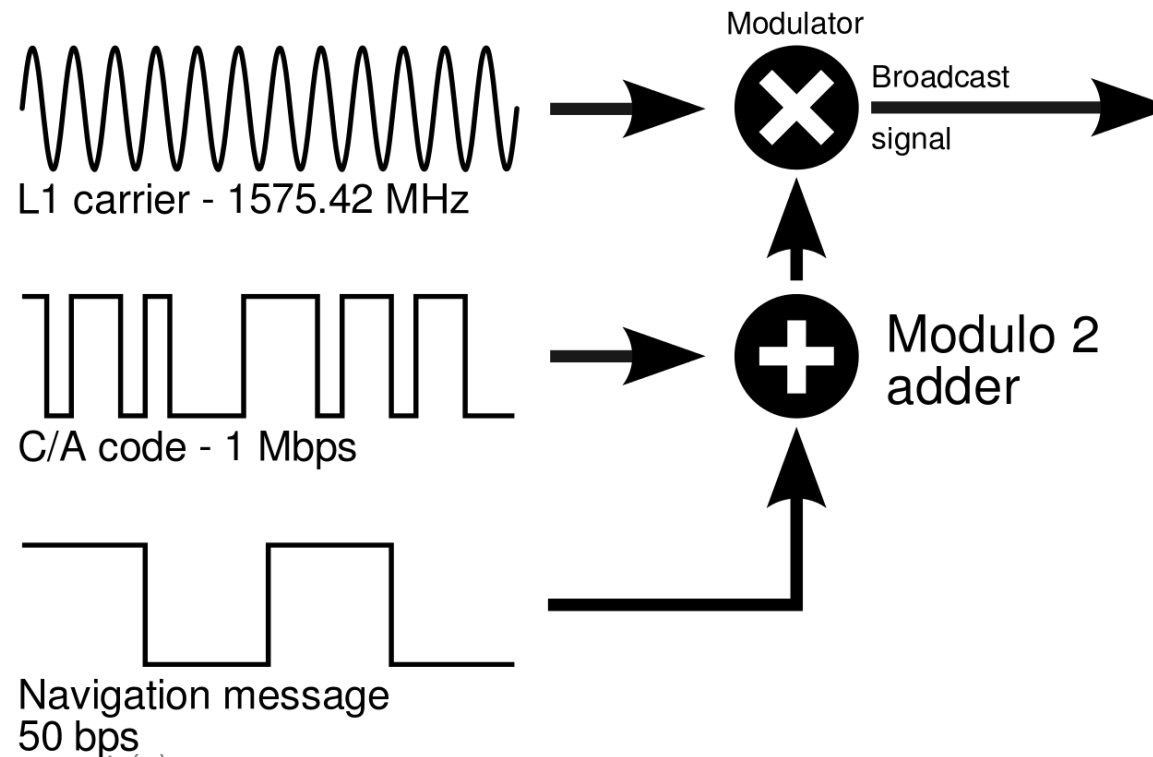
- Démarrage à froid : recherche du pic dans tout le domaine délai/Doppler
- Avec éphémérides et position approx. : pré-détermination de la position du pic → plus rapide



Précision : 1 μs → 300 m

Flux de données

- Chaque séquence de 20 trames (20 ms) est associée à un bit de donnée
→ flux à 50 b/s pour date/heure et éphémérides (termes correctifs)





Quels sont les phénomènes qui peuvent réduire la précision de position ?

- Les effets relativistes (théorie d'Einstein)
- L'influence de l'atmosphère
- Les réflexions du signal sur les surfaces
- Le masquage de satellites



Quels sont les phénomènes qui peuvent réduire la précision de position ?

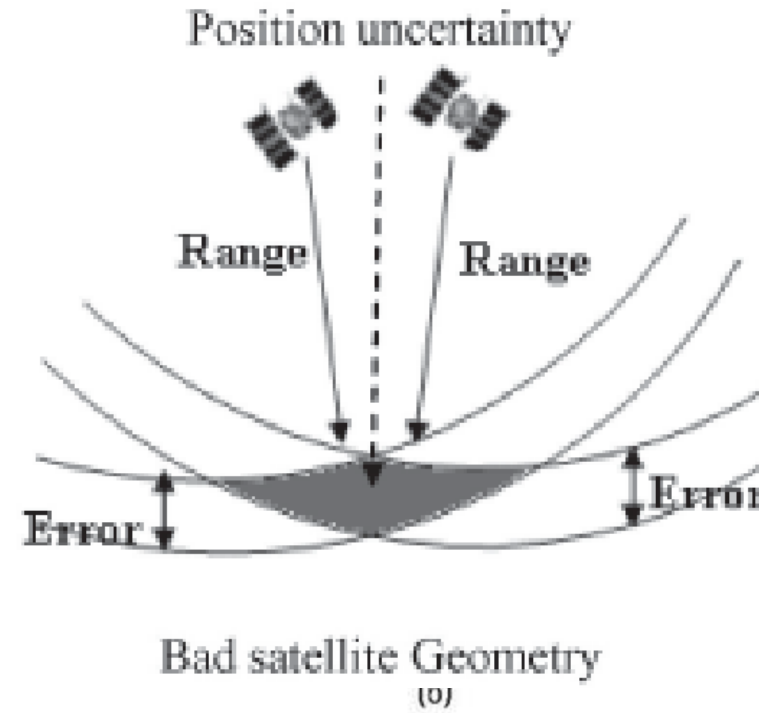
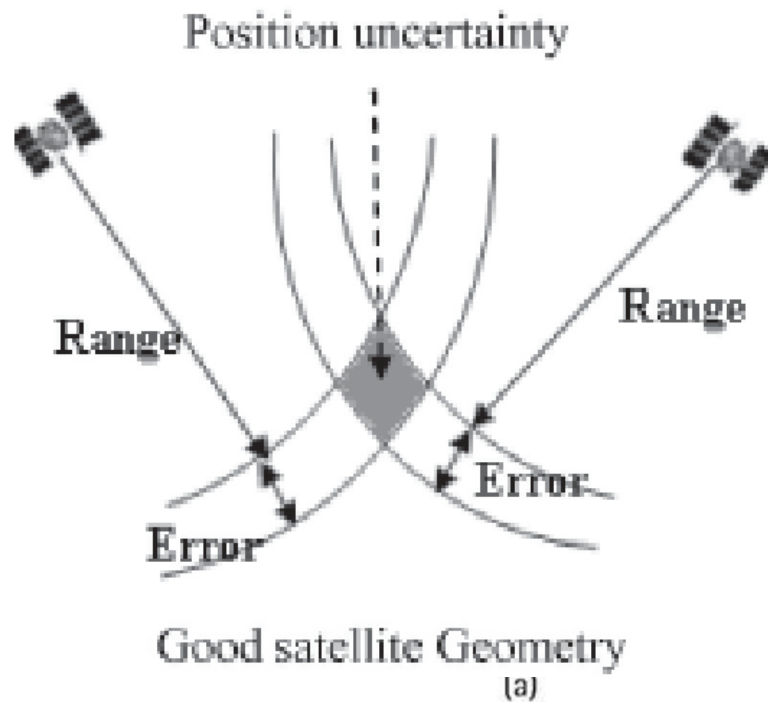
- ✔ Les effets relativistes (théorie d'Einstein)
- ✔ L'influence de l'atmosphère
- ✔ Les réflexions du signal sur les surfaces
- ✔ Le masquage de satellites

Effets de propagation atmosphérique

- Ionosphère (ionisation due à l'activité solaire) : retard lié à la fréquence.
→ Utilisation de deux fréquences pour déduire l'état de la ionosphère.
- Troposphère (variation de l'indice de réfraction) : retard non lié à la fréquence.
→ Modèle + données météorologiques fournies par les éphémérides

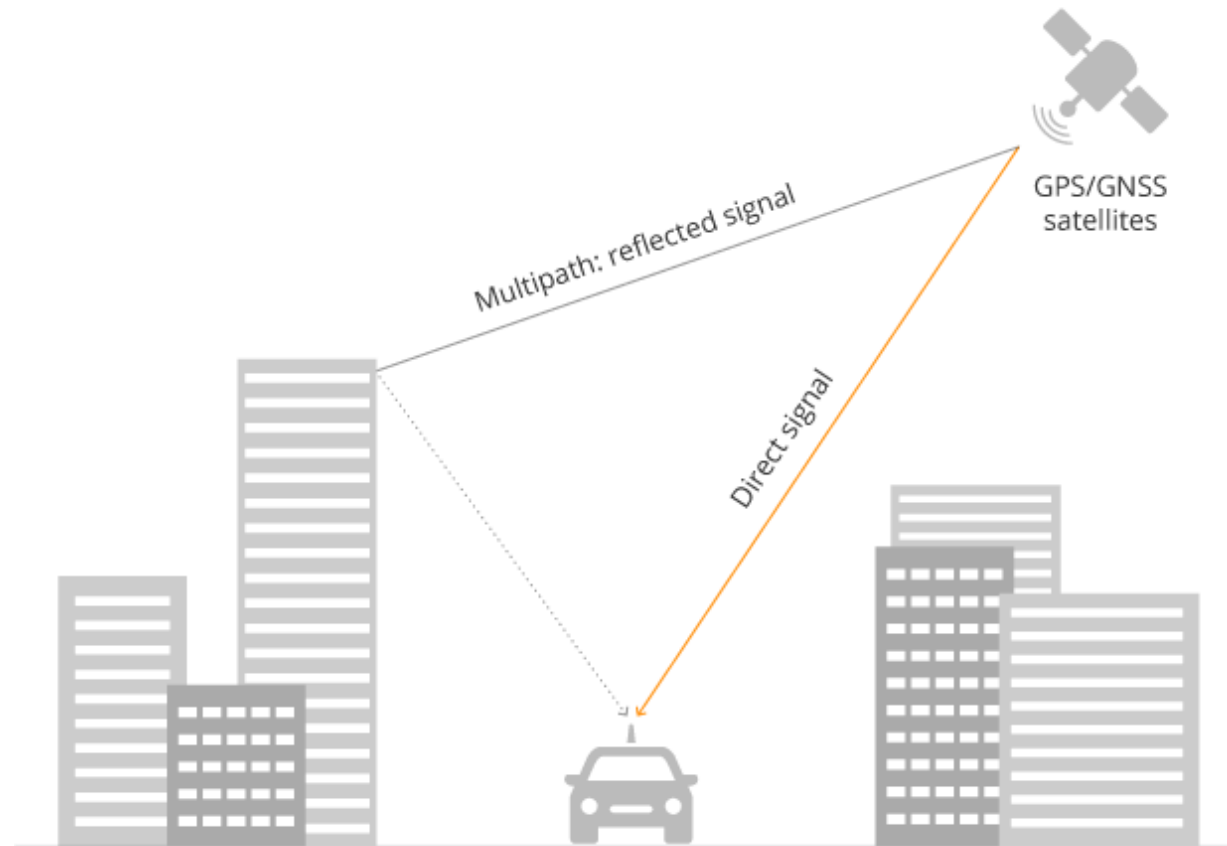
Effets du masquage

- Géométrie de la constellation visible



Effet des multitrajets

- Réflexions sur les surfaces (canyon urbain, etc.)



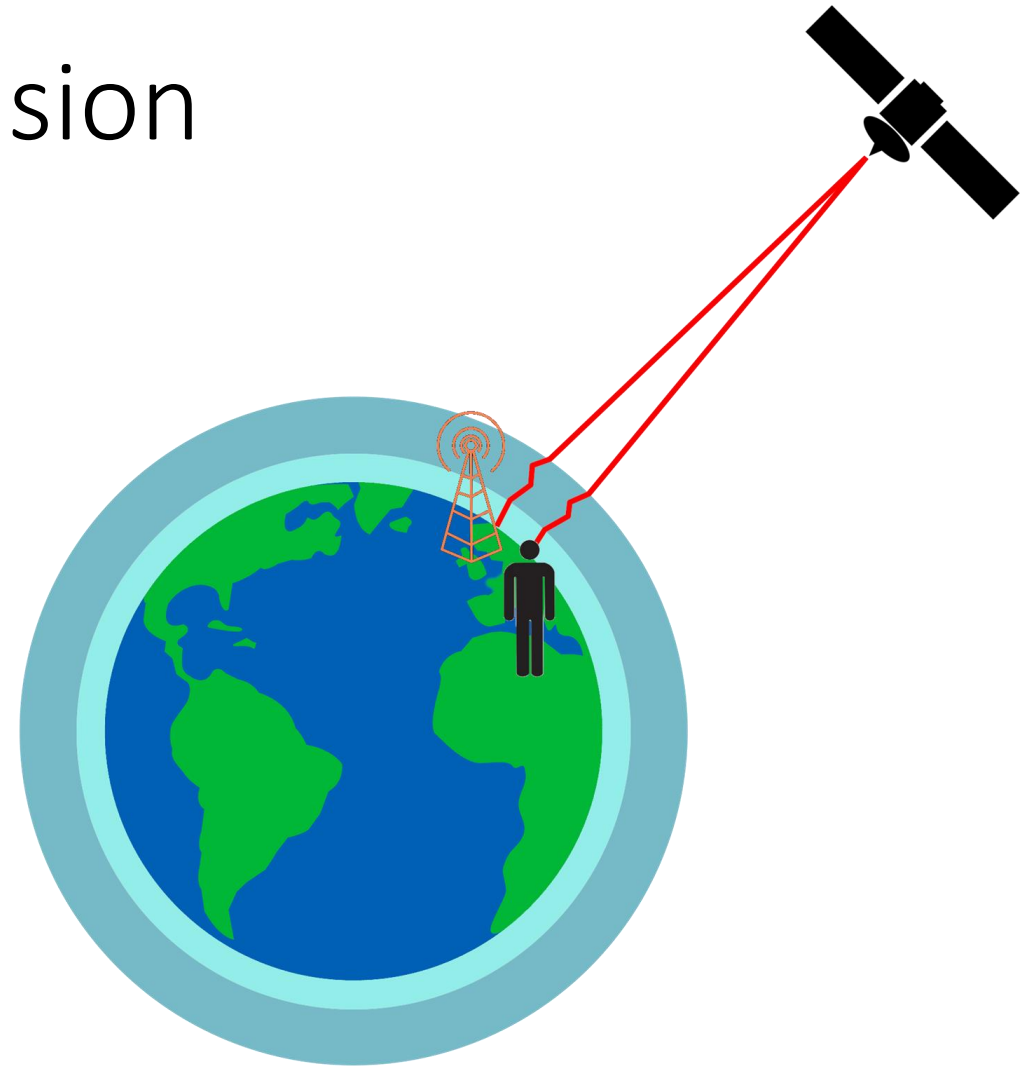
Autres corrections

- Correction des irrégularités du champ magnétique
- Correction relativistes
- Correction des effets de marée Soleil/Lune

Type d'erreur	UERE [m]
Erreurs sur le calcul de position des satellites	2
Synchronisation des horloges	1,5
Délai troposphérique	1
Délai ionosphérique	5
Bruit du récepteur	0,6
Multitrajets	1 à 10
Total	11,1 à 20,1

Comment améliorer la précision

- Multi-constellations
- GPS différentiel
- Fusion de données avec inertiel/magnéto
- ...



The image features three watches with solar panels attached to their backs, set against a space background with the Earth visible at the bottom. The watch on the left has a silver metal bracelet and a black dial with multiple sub-dials. The central watch has a black rubber strap and a large red digital display showing '08:30:26' and '29 03 20'. The watch on the right has a white metal bracelet and a black dial with the number '150' prominently displayed. The solar panels are blue and gold, resembling those of a satellite.

Merci pour votre attention !

Sources

- Page web [Le GPS pour les nuls : Satellites et Signaux](#)
- Wikipedia [Global Positioning System](#)
- Article [Décodage des signaux de satellites GPS reçus par récepteur de télévision numérique terrestre DVB-T](#)
- Document [GPS et ionosphère](#)