

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 dial and a red digital display showing '18:30:26'. The watch on the left has a silver metal link bracelet and a black dial with multiple sub-dials. The watch on the right has a black dial with a large digital display showing '15:20' and a white mesh bracelet. All three watches have blue and white satellite antennas extending from their backs. The background is a dark blue space with stars and a view of the Earth's horizon at the bottom.

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

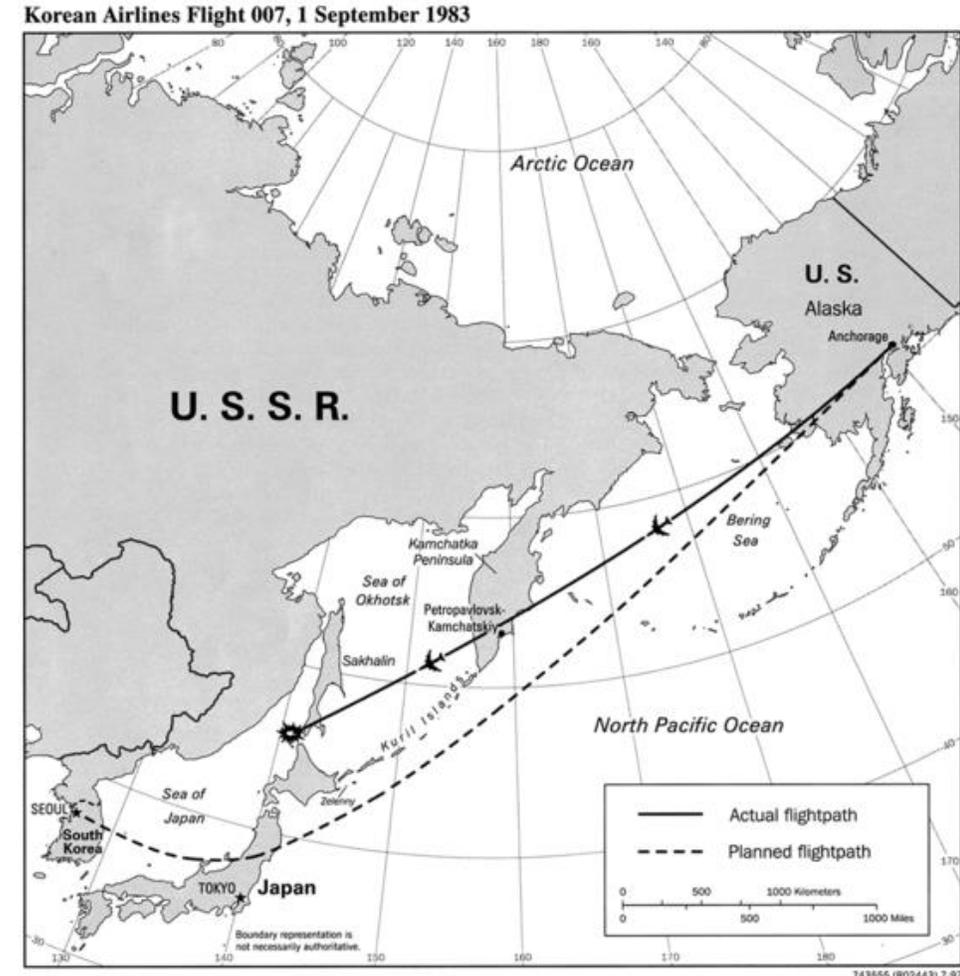


Depuis quelle année est-ce que le GPS est totalement opérationnel ?

- 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

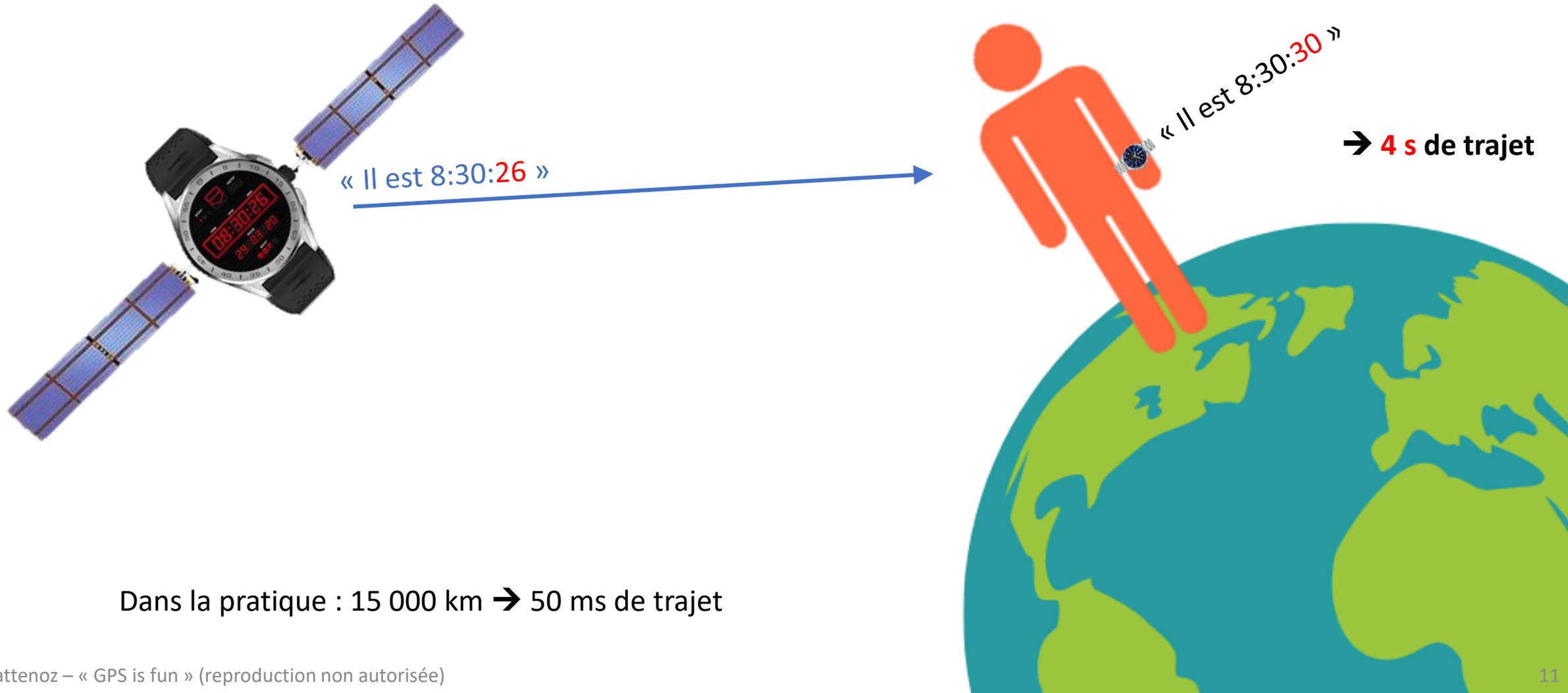
Aucune information



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

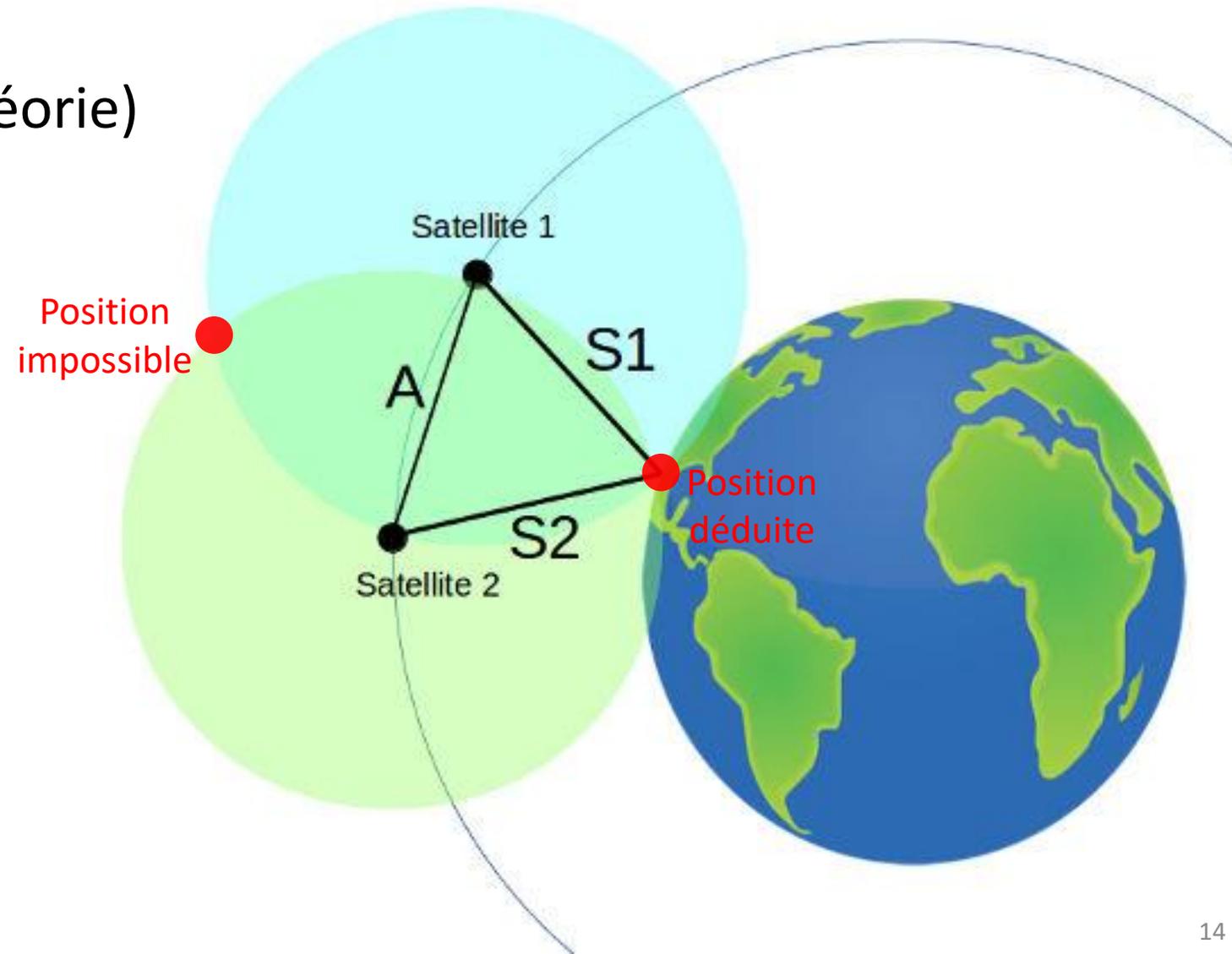


*A partir de quel nombre de satellites visibles
peut-on obtenir une position ?*

- 1
- 2
- 3
- 4

Positionnement par triangulation

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

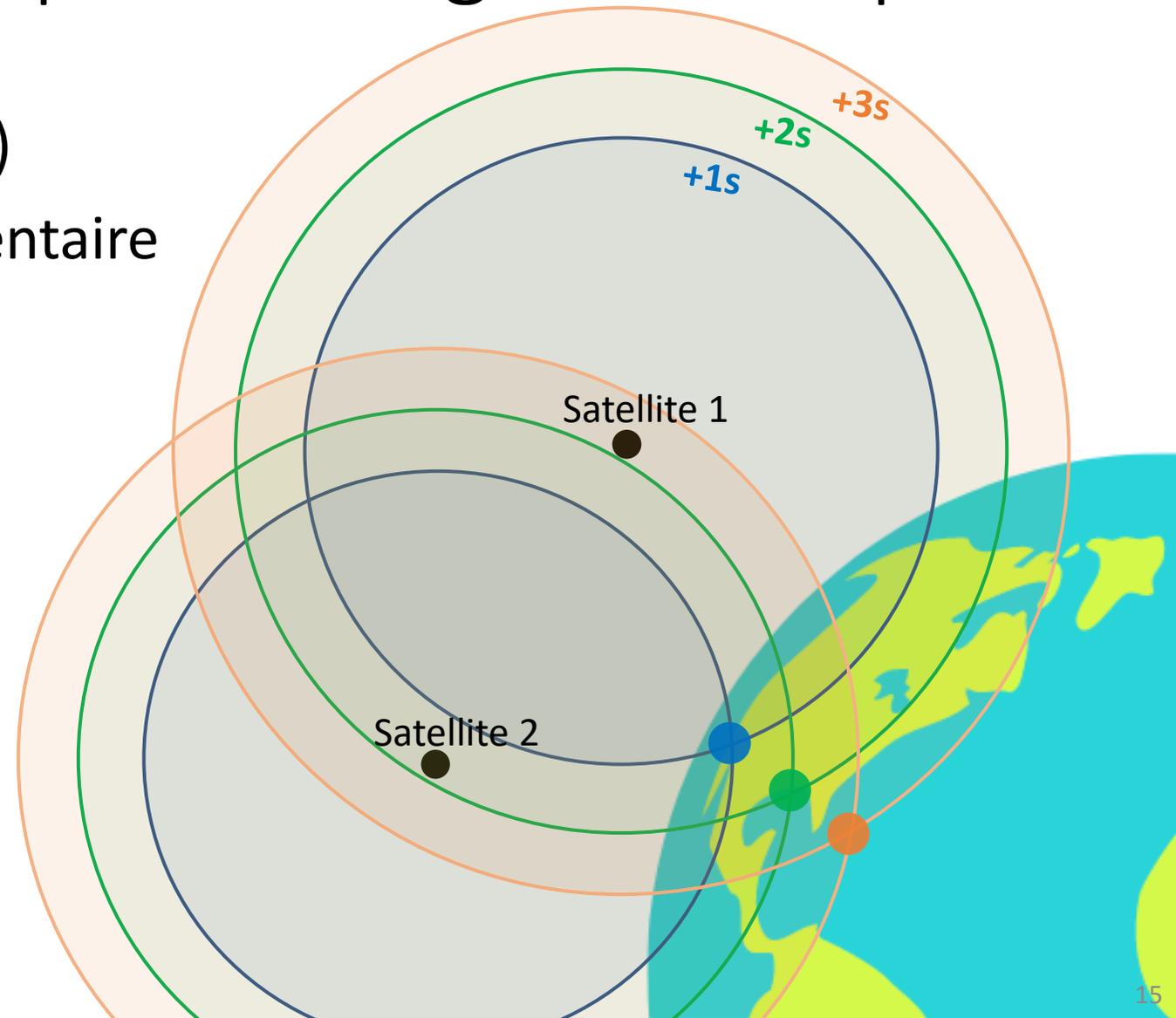


Imprécision sur le temps d'horloge du récepteur

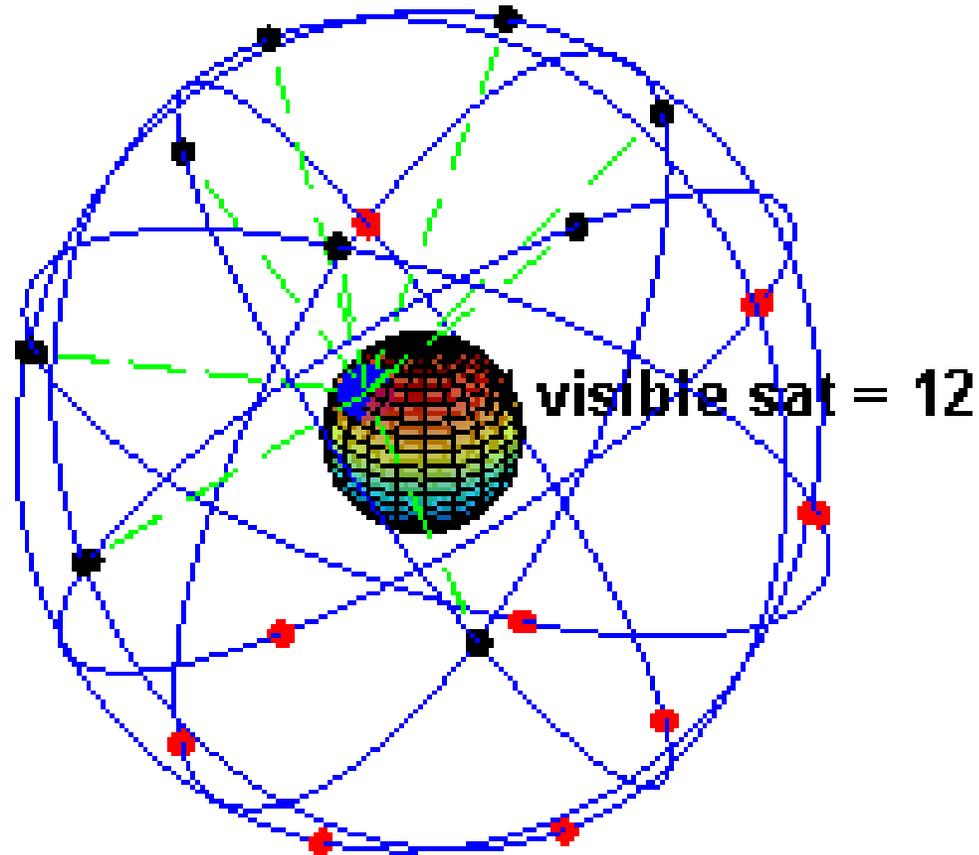
Décalage inconnu (mais commun)

→ 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 €** E

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

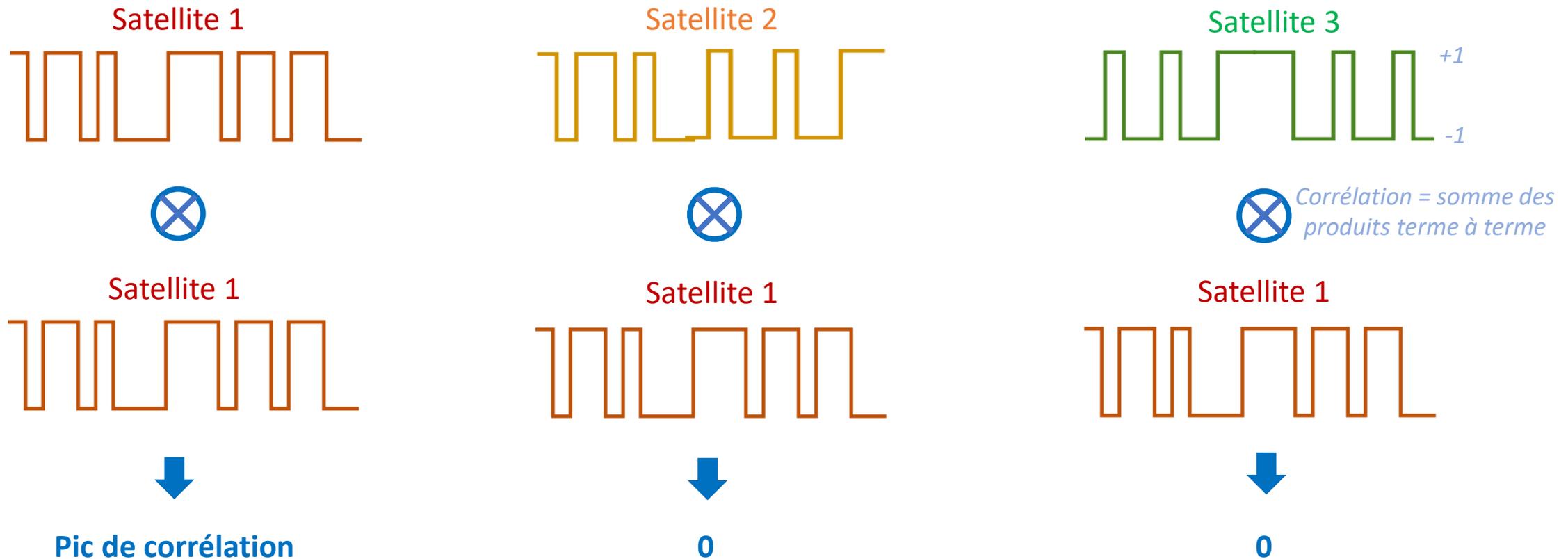


Comment fait-on pour arriver à retrouver chaque signal dans tout ce bruit ?

- ❌ 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

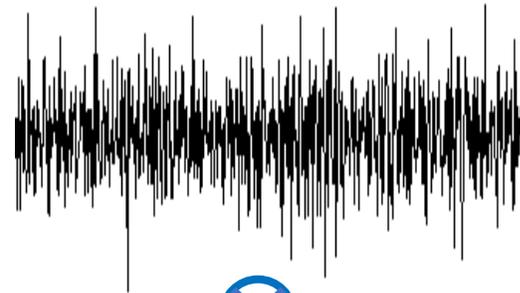
Modulation avec des codes de phase

- 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

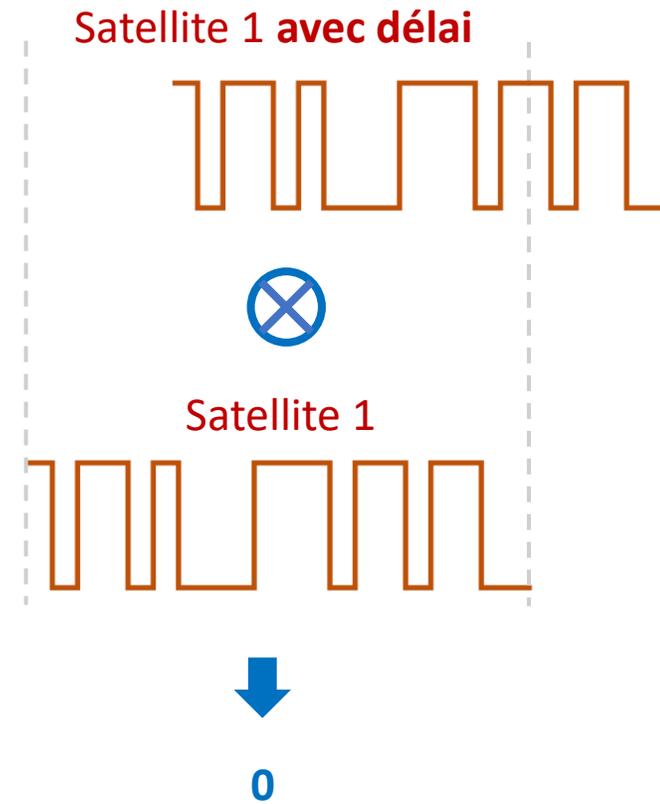
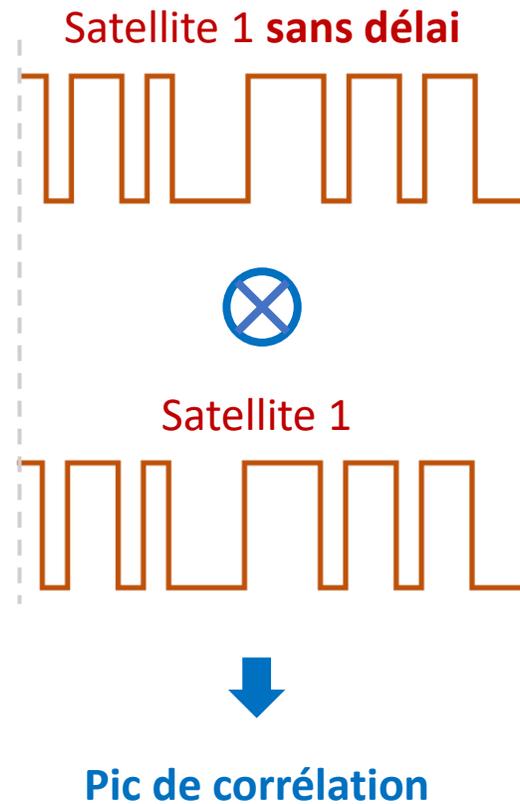


*Pourquoi ça prend du temps au démarrage
pour trouver la position ?*

- 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

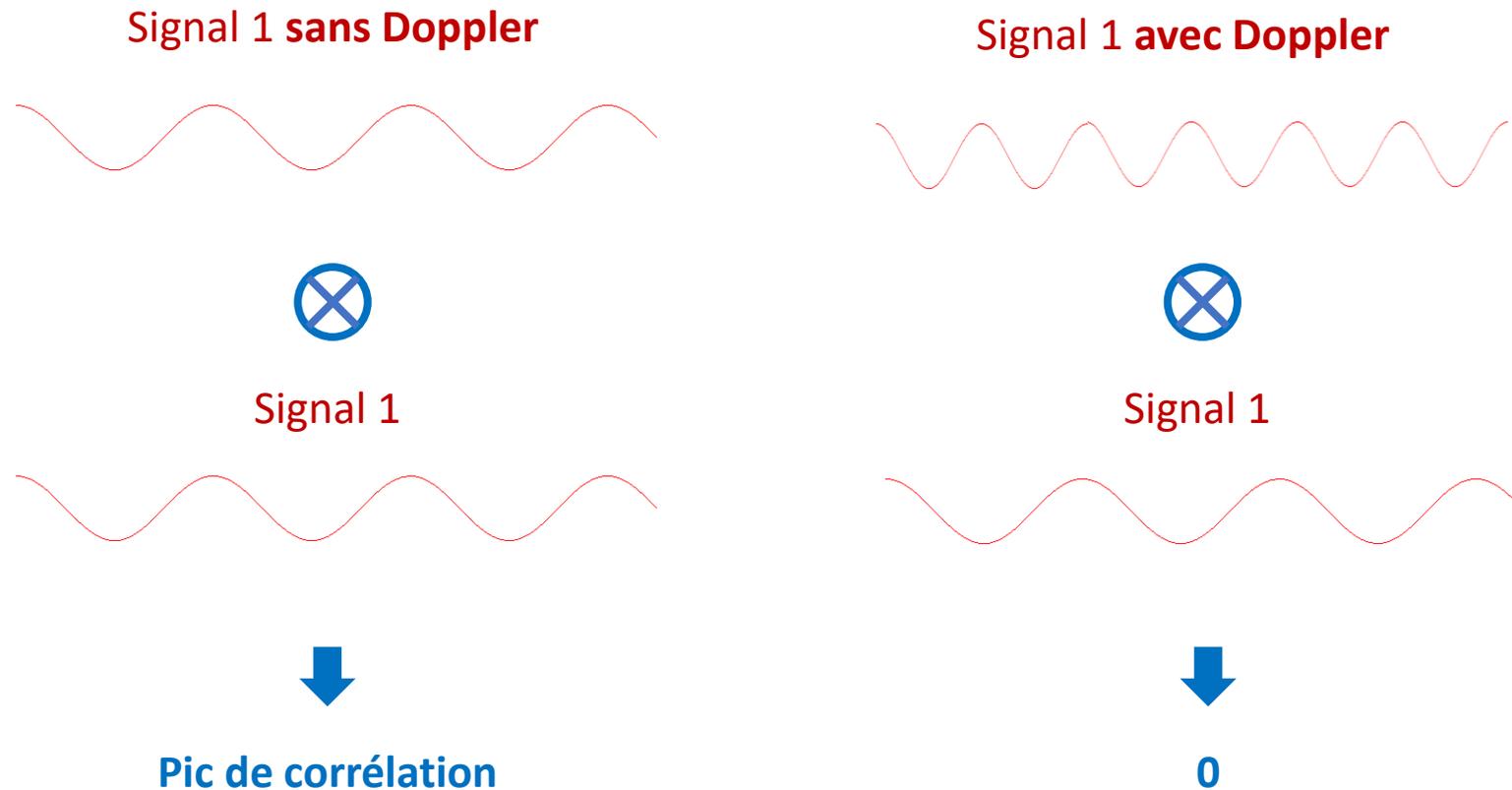
Impact du délai

- On ne connaît pas le délai a priori



Impact du Doppler

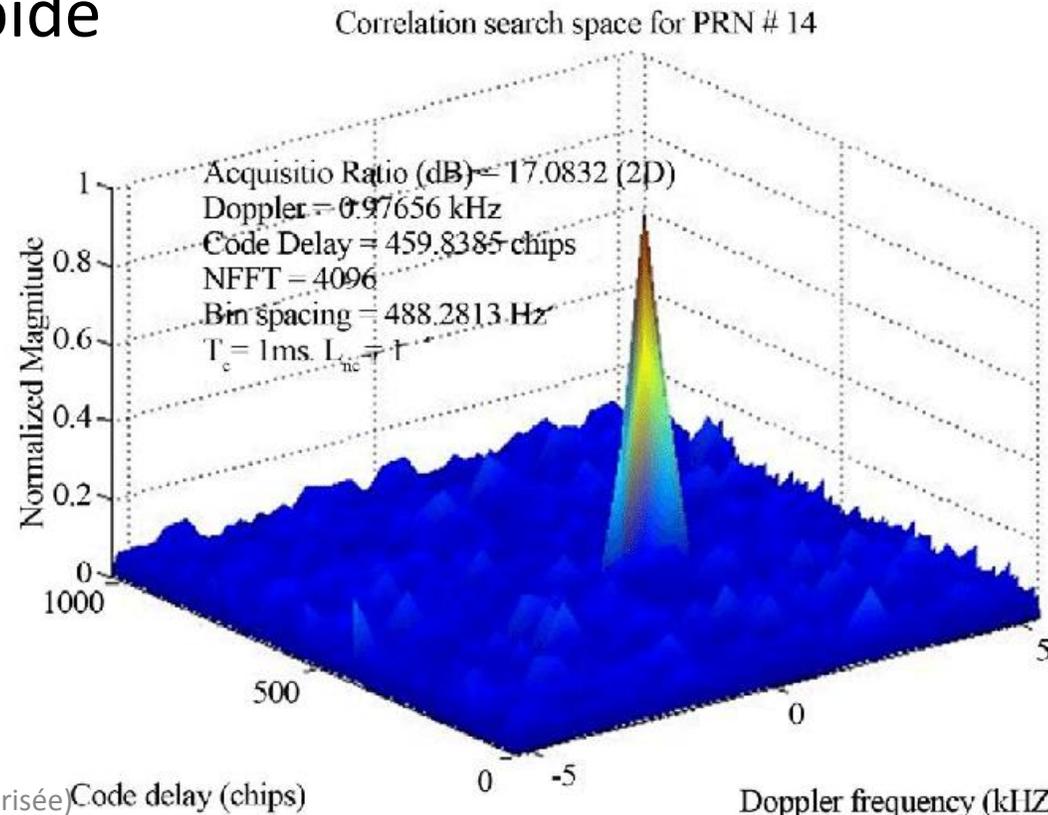
- Effet Doppler dû à la vitesse des satellites



Vitesse satellite : 14 000 km/h

Recherche du pic de corrélation

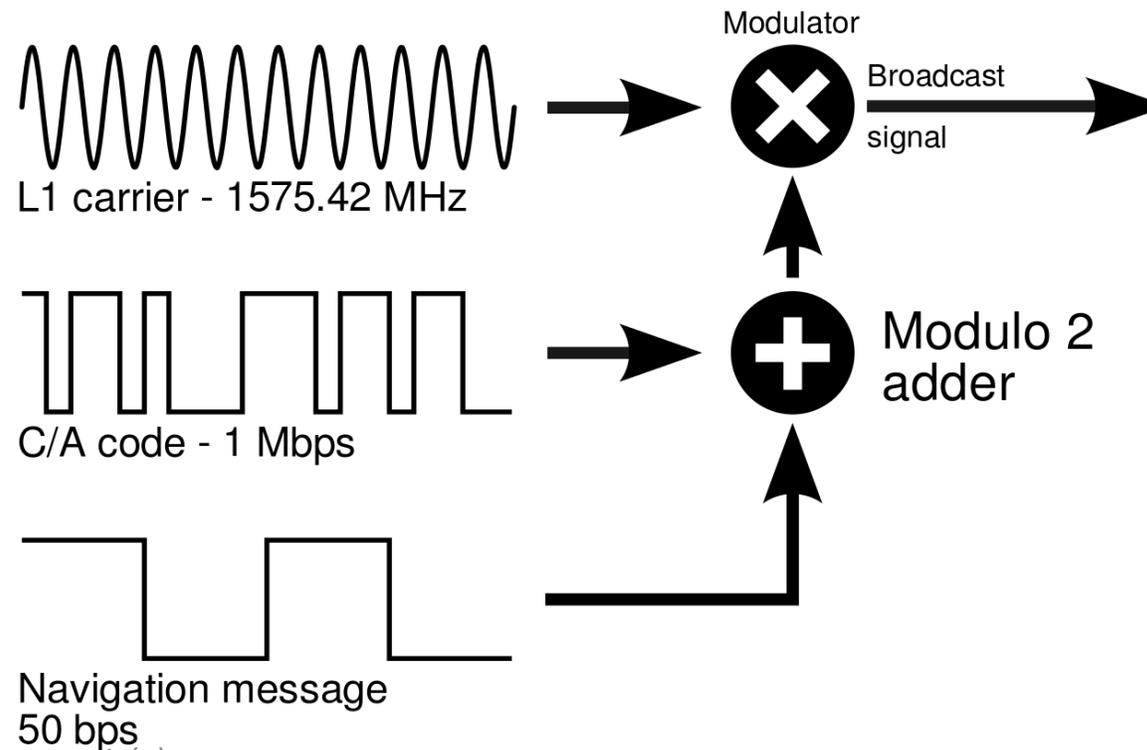
- Démarrage à froid : recherche du pic dans tout le domaine délai/Doppler
- Avec éphémérides et position approx. : pré-détermination de la position du pic → plus rapide



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 ?

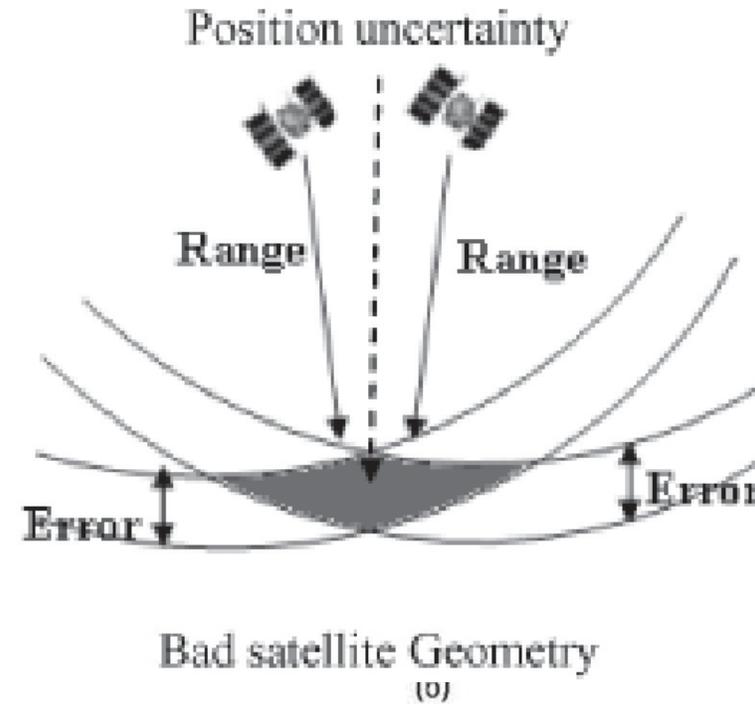
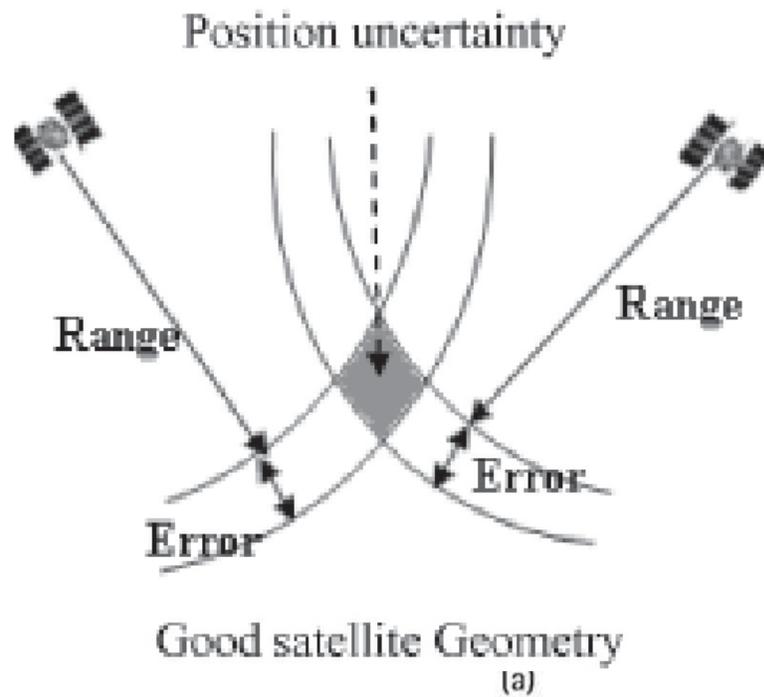
- ✔ Les effets relativistes (théorie d'Einstein)
- ✔ L'influence de l'atmosphère
- ✔ Les réflexions du signal sur les surfaces
- ✔ Le masquage de satellites

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

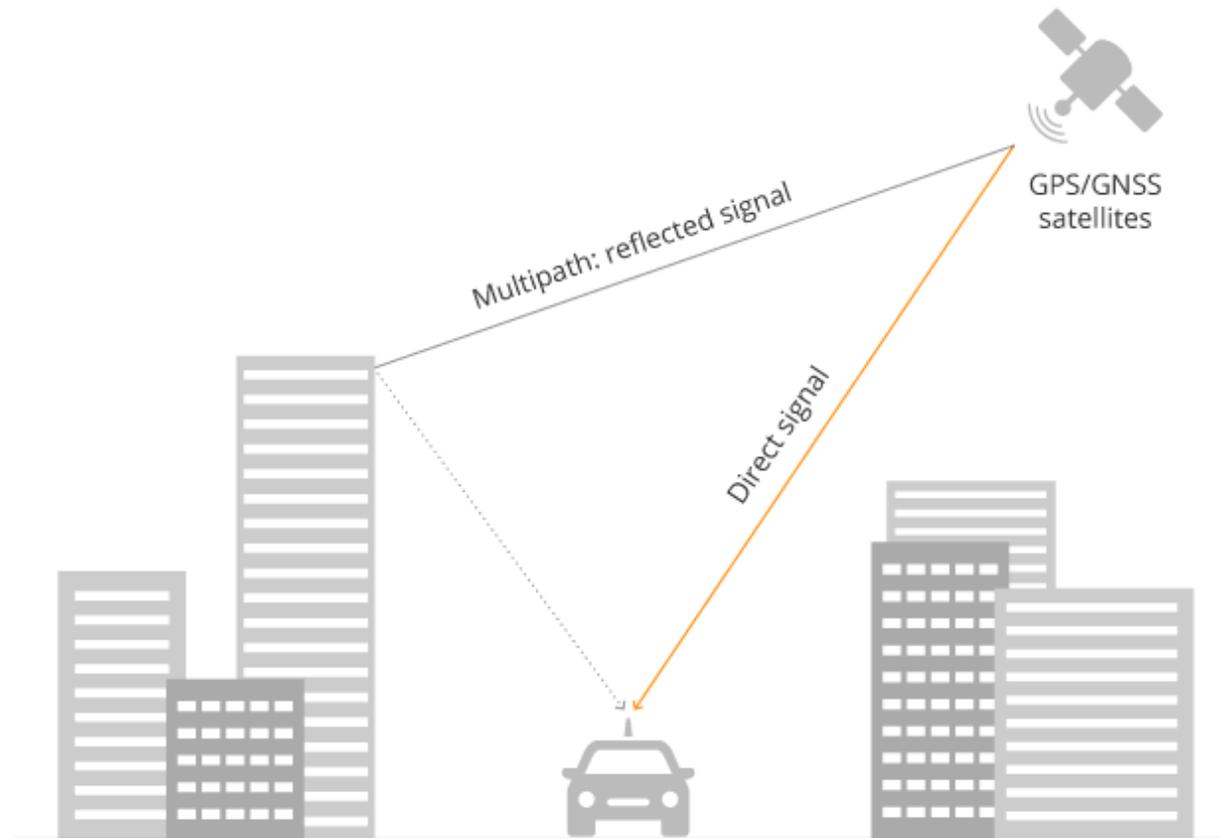
Effets du masquage

- Géométrie de la constellation visible



Effet des multitrajets

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



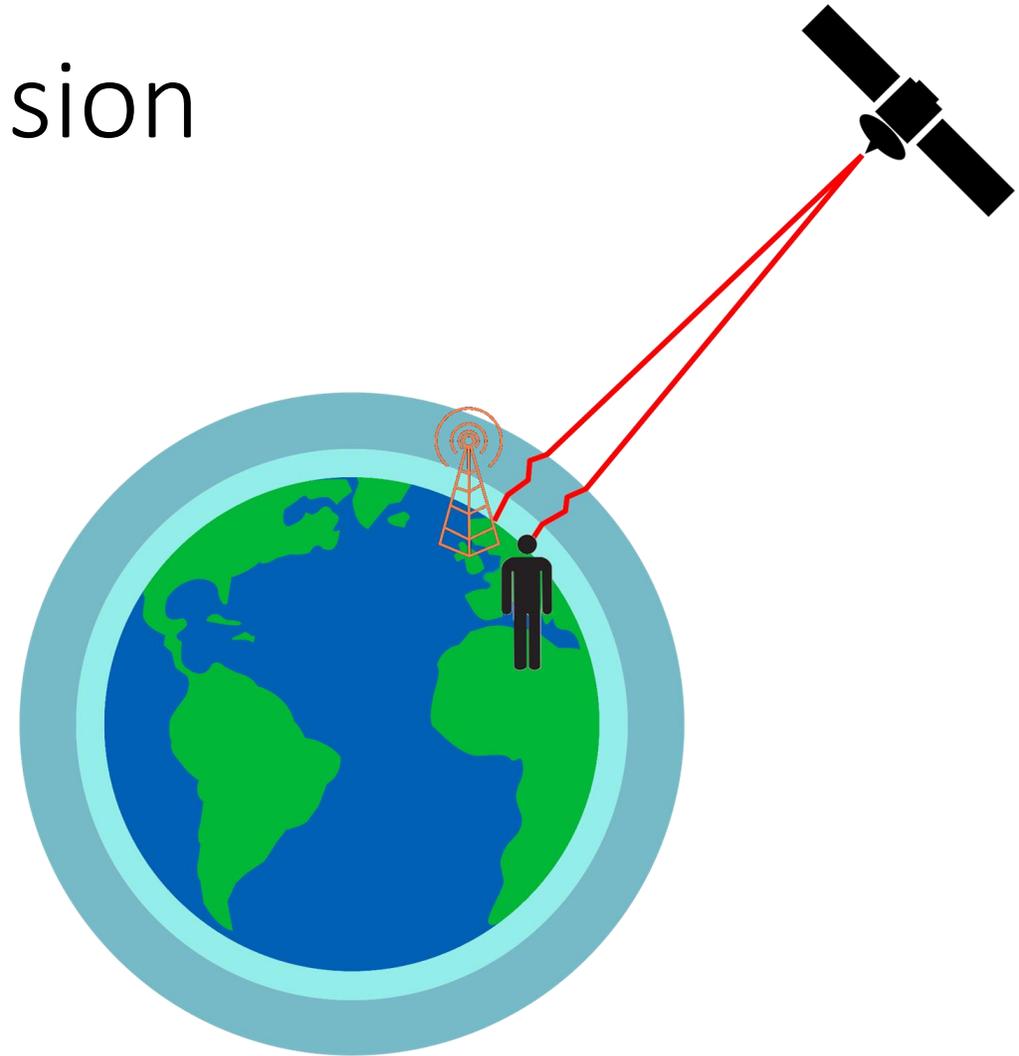
Autres corrections

- 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 GPS watches with satellite antennas, positioned as if they are orbiting Earth. The watch in the center is a silver chronograph with a black rubber strap and a large red digital display showing '08:30:26' and '29 03 20'. The watch on the left has a silver metal link bracelet and a green dial with multiple sub-dials. The watch on the right has a white metal link bracelet and a black dial with the number '150' prominently displayed. The background is a dark space filled with stars, with the blue and white horizon of the Earth visible at the bottom. The text 'Merci pour votre attention !' is overlaid in large, bold, white letters across the middle of the image.

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](#)