



Global Positioning System

I.S.T.A



Sources d'erreurs GPS

**Ionosphère, Troposphère, Erreur d'orbite,
Erreur d'horloges, Multitrajets,...**

Mode de Positionnement

Mode naturel ou positionnement absolu

Mode différentiel ou positionnement relatif

Positionnement statique

Positionnement cinématique



Sources d'erreurs GPS

Erreurs liées aux satellites

Erreur d'orbite

Biais électroniques engendrés par le satellite lui-même

Erreurs liées à l'atmosphère

Ionosphère

Troposphère

Erreurs liées aux récepteurs

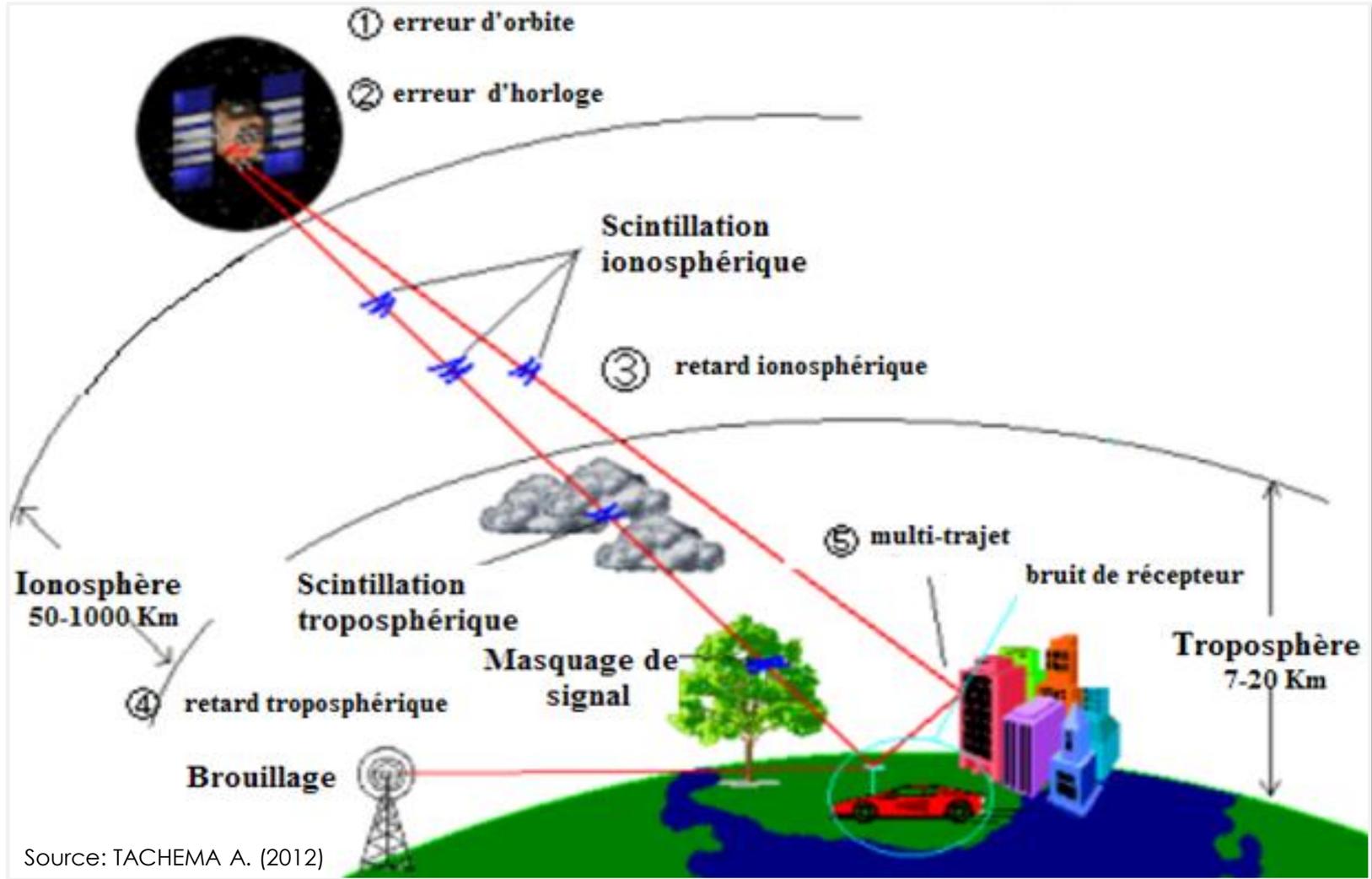
Erreur d'horloge

Bruit de mesure

Multi-trajets

Biais électroniques engendrés par le récepteur lui-même

Sources d'erreurs GPS



Ionosphère

Partie haute de l'atmosphère comprise entre **50 et 1000 km**, environ.

Zone chargée de particules électriques qui interagissent avec les ondes émises par les satellites GPS et ralentissent la propagation du message radio (en allongent le temps de trajet).

Le retard ionosphérique est compris entre **2 et 50 mètres** et varie en fonction de l'agitation ionosphérique (calme ou excité : activité solaire), de la densité d'électrons libres, de la fréquence et de l'élévation du satellite.

Correction ionosphérique =
récepteurs GPS **bi-fréquences** ou
Modélisation ionosphérique (ex: modèle de Klobuchar).

Troposphère

Partie basse de l'atmosphère, qui s'étend de la surface de la Terre à environ 50 ou 60 km d'altitude.

Produit une réduction variable de la vitesse de l'onde transmise, ce qui allonge le temps de parcours, c'est le retard troposphérique.

L'amplitude de la variation dépend essentiellement des conditions météorologiques (pression, température sèche, humidité) et de la hauteur du satellite.

Le retard est minimum au zénith, environ 2.30 m et de plus de 20 m à 5° de hauteur sur l'horizon.

A l'horizon la valeur du retard troposphérique peut atteindre plusieurs centaines de mètres et elle est très difficile à modéliser.

Correction troposphérique = **Modélisation** troposphérique (composante sèche (80% du retard)+composante humide (20% du retard : la plus mal modélisée), ex: *modèle de Saastamoinen*).

Horloge satellite

Les satellites GPS sont équipés d'horloges extrêmement précises et stables et malgré la vérification régulière de leur précision, de légères erreurs restent toujours possibles. Ces erreurs peuvent entraîner des erreurs de distance d'environ **trois mètres**. (un décalage de temps de 1 μs entraîne une erreur de distance de 299.79 m).

Horloge récepteur

L'erreur de l'horloge du récepteur est la différence entre le temps absolu (temps GPS) et le temps du récepteur dans le référentiel de l'horloge du récepteur, c'est une erreur **non modélisable** qui peut être éliminée en formant la différence des mesures de deux satellites.

Multitrajets

Se manifeste quand le signal GPS arrive au récepteur après plus d'un trajet à cause de réflexions près du récepteur (sol, mer, toits, bâtiments, troncs d'arbres ou feuillage en forêt,...). C'est un écho du signal contre une surface qui n'empêchera pas la localisation mais fournira une localisation fautive (une erreur de **quelques mètres**). Cette erreur dépend des antennes et de leurs types. Les multitrajets sont des erreurs difficiles à corriger, et il n'existe pas de modèle général.

Bruit de mesure

Le bruit de mesure est tout bruit généré par le récepteur lui-même lors de la réception des mesures de code ou de phase. Le bruit de la mesure est estimé à mieux que 1% de la longueur d'onde du signal sur lequel se fait la mesure (Cette erreur est fonction de la qualité du signal reçu..).

| Signal GPS | Longueur d'onde | Bruit <1% de λ |
|------------------|-----------------|------------------------|
| Phase (L1 ou L2) | ≈ 0.2 m | ≈ 1 à 2 mm |

Erreur d'orbite

Les positions des satellites sont calculées à partir des messages de navigation radiodiffusés ($f=f_0=50$ Hz, $\lambda=5950$ km).

Ces messages incluent les éléments orbitaux képlériens et les dérivées de ces éléments. Les messages de navigation radiodiffusés sont générés en utilisant les mesures des cinq stations du segment de contrôle, ils sont mis à jour toutes les deux heures.

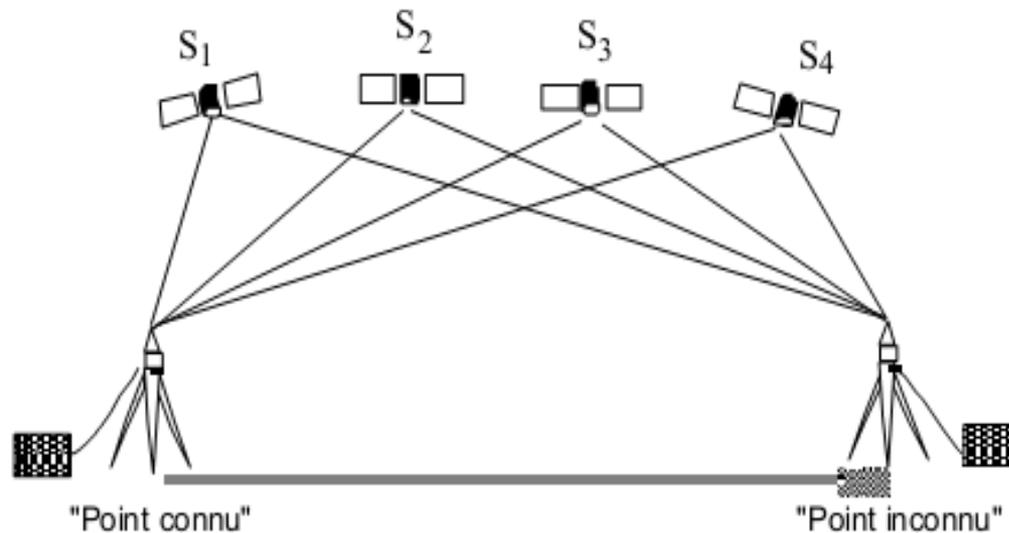
Il est possible de déterminer les erreurs orbitales pour une période particulière en utilisant des orbites précises (ex: les éphémérides précises du service IGS ont une précision inférieure à 5cm et elles sont disponibles après une période de 15 jours). Ces orbites sont calculées en utilisant plusieurs stations de référence sur plusieurs jours avant et après cette période particulière. L'erreur de position du satellite peut être calculée en faisant la différence entre les positions générées par l'orbite radiodiffusée et celles qui viennent de l'orbite précise. La valeur nominale de telles erreurs ne dépasse pas les **2 mètres**.

Sources d'erreurs GPS

| Type d'erreurs | Erreur typique (m) |
|--------------------------------|--------------------|
| Ionosphère non modélisé | ± 5 |
| Troposphère | ± 0.5 à 1.5 |
| Horloge et orbite du satellite | ± 2 à 5 |
| Bruit de mesure du récepteur | ± 1.5 |
| Multitrajets | ± 1 à 2.5 |

Mode différentiel ou positionnement relatif

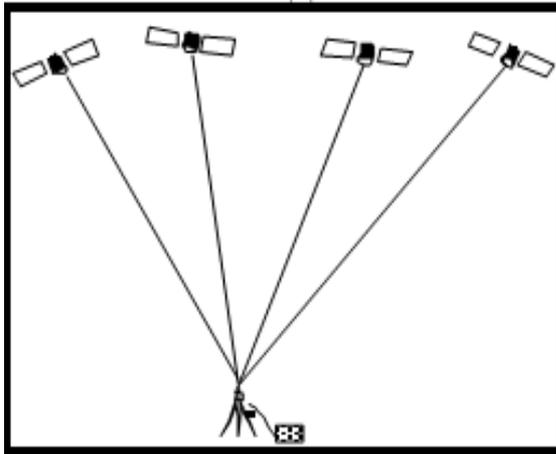
Les coordonnées d'un récepteur en un point «inconnu» sont établies relativement à celles d'un récepteur en un point «connu».



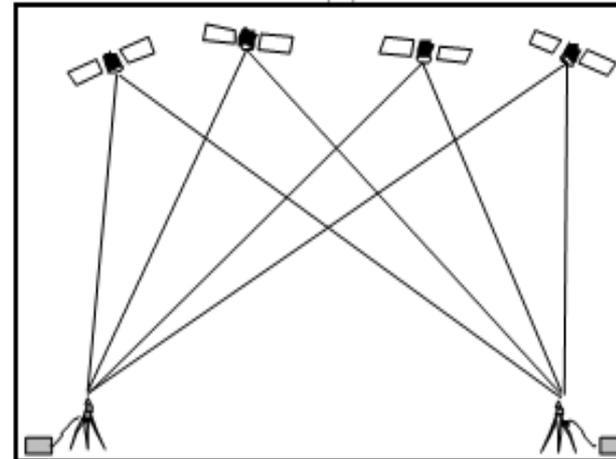
précision est de l'ordre de 50 cm

Positionnement statique

En positionnement statique, un récepteur GPS est stationnaire.



Positionnement statique autonome

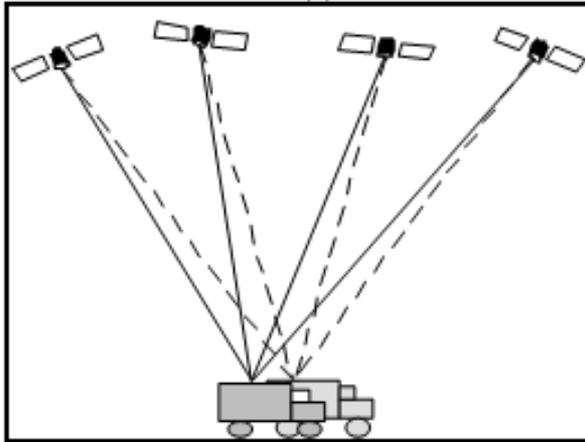


Positionnement statique relatif

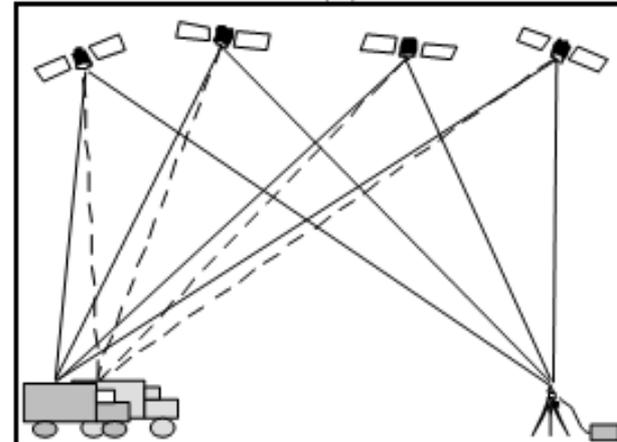
précision varie entre quelques mm et quelques cm en fonction du temps d'occupation.

Positionnement cinématique

En positionnement cinématique (ou mode RTK, *Real Time Kinematic*), le récepteur recueille les données GPS tout en se déplaçant.



Positionnement cinématique autonome



récepteur mobile

récepteur de contrôle

Positionnement cinématique relatif

précision est de l'ordre de 4 cm

Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen

Institut des Sciences Techniques et Appliquées

Chargé du cours : M. Abdennasser TACHEMA

Courriel : abdennasser.tachema@univ-tlemcen.dz

