

Support de cours

Cours:

Éléments de Géomatique

Vidéo:

7.0 Bases de la localisation par satellites

Concepts (extraits des sous-titres générés automatiquement) :

Point de vue géométrique. Constellation de satellites. Éléments du mouvement du satellite. Petit exercice. Synchronisation des horloges du récepteur. Description du système. Différents signaux. Différentes sources d'erreurs. Dimension timing de gps. Nombre de ces éléments géométriques. Questions géométriques. Système de mesure du temps. Point de vue théorique. Bases de la localisation. Éléments importants.



[vers la recherche de séquences vidéo](#)
(dans Éléments de Géomatique.)



[vers la vidéo](#)

Center for Digital Education. Plus de matériel de soutien pédagogique ici :

<https://www.epfl.ch/education/educational-initiatives/cede/educational-technologies-gallery/boocs-en/>
page 1/40



Bases de la localisation par satellites

Eléments de Géomatique, localisation par satellites

Pierre-Yves Gilliéron

© 2013 swisstopo (JD100064)

...

notes

résumé

0m 0s



- Bases de la localisation par satellites
- Principes de la localisation par satellites



Éléments de géomatique

[AUDIO_VIDE] Bienvenue à cette leçon consacrée à la localisation par satellite.

notes

résumé

0m 1s



- **Concept de base**
 - Détermination de positions sur terre, sur mer et dans les airs
 - Localisation **tridimensionnelle**
 - Navigation (localisation en temps réel)
 - Système global de **coordonnées**
 - Échelle de **temps** précise

Éléments de géomatique

C'est un nouveau chapitre qui s'ouvre qui est composé de deux vidéos. Je vais vous introduire ici les bases de la localisation par satellites, puis le professeur Merminod présentera les principes généraux et notamment les questions géométriques. Dans les bases de la localisation par satellite, je vais vous présenter d'abord le concept général, rappeler un petit peu ce que c'est que GPS, la description du système, les différents signaux, les différentes sources d'erreurs, et finalement quelque chose d'un petit peu particulier qu'on appelle la DOP ou l'atténuation de la précision avec lequel vous ferez un petit exercice. GPS, c'est un système qui est maintenant très connu et qui a vu le jour il y a une cinquantaine d'années. On rappelle ici un petit peu les concepts de base, à savoir que c'est une initiative d'abord militaire, voulue par le département de la défense américaine pour pouvoir localiser partout sur la planète ses soldats, ses avions, ses bateaux. Donc c'est une localisation globale tridimensionnelle, qui doit permettre d'obtenir des coordonnées dans un système de référence unique, à savoir WGS 84 que vous avez déjà vu dans la partie de géodésique. GPS, c'est également un système de mesure du temps. On oublie souvent toute la dimension timing de GPS qui est très importante pour tout un tas d'applications, notamment pour toutes les transactions sur internet.

notes

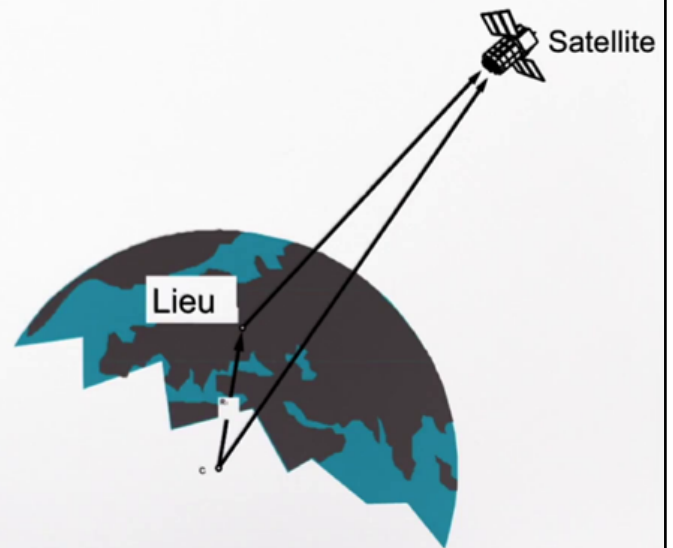
résumé

0m 10s



- **Concept de base – Comment?**

- Déterminer une **distance** entre le satellite et le lieu sur Terre ?
- Connaître la **position des satellites** dans l'espace
- Déterminer la **position du lieu**?



Éléments de géomatique

Donc on se rappelle, localisation tridimensionnelle, et puis échelle de temps globale et très précise.

notes

résumé

1m 41s



- **Concept de base – Réponse**

- Déterminer une distance entre le satellite et le lieu sur Terre ?



GPS, comment ça marche? En fait c'est assez simple. On se trouve sur la Terre dans un lieu donné et on désire obtenir sa position. Pour cela, on a une constellation de satellites, et depuis chaque satellite, on va déterminer une distance entre le satellite et puis le récepteur, donc la personne qui est à la surface de la terre et qui veut déterminer sa position. Du point de vue géométrique, le concept est relativement simple, et là, je vais vous expliquer pas à pas comment est-ce qu'on peut déterminer cette position. Le problème fondamental c'est de déterminer la position à partir de distances. Pour cela, on va partir depuis le satellite qui, lui, va émettre un code,

notes

résumé

1m 50s



- **Concept de base – Réponse**

- Déterminer une distance entre le satellite et le lieu sur Terre ?



Sat 12345

Rec 12345

synchro

Rec.



à savoir une suite de chiffres, comme ceci, qui doit être reçue par le récepteur ici à la surface de la Terre. Si on regarde ce qui se passe au niveau du satellite et du récepteur, on a ce code ici qui est envoyé, je donne ici une suite de chiffres comme un exemple, et en même temps, dans le récepteur, on va moduler la même suite de chiffres avec une synchronisation des horloges du récepteur et du satellite. Ensuite, le message ici, transporté entre le satellite et la Terre, va mettre un certain temps pour se déplacer, ce qui fait que le récepteur,

notes

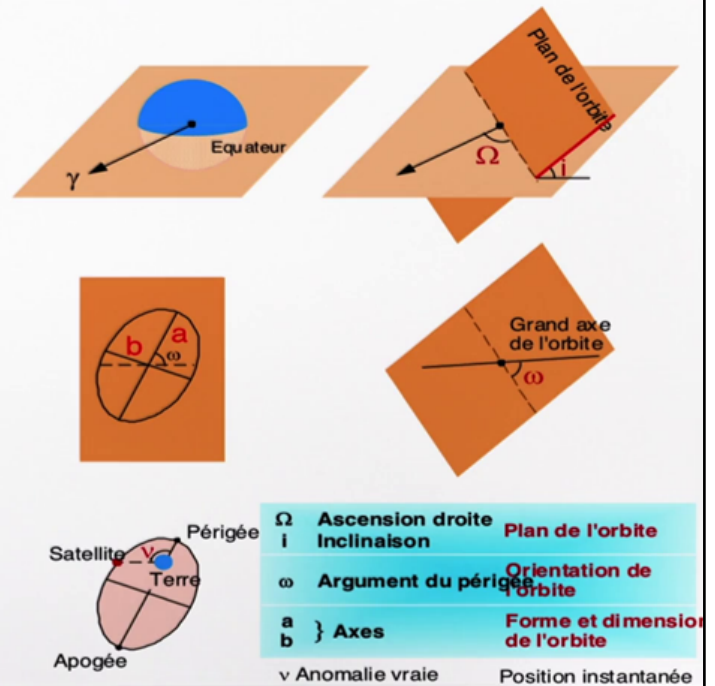
résumé

2m 37s



• Concept de base – Réponses

- Connaître la position des satellites dans l'espace



lui, va recevoir ce qui vient du satellite, donc ça, c'est la réception, avec un décalage de temps, et ce décalage de temps va nous permettre de calculer la distance. La distance ici, d , entre le satellite et le récepteur, cette distance est égale à mon Δt , ici, multiplié par la vitesse de la lumière.  a,  a fonctionne d'un point de vue théorique si les horloges sont parfaitement synchronisées, et on verra que dans la réalité, il y a un petit décalage qui fait qu'on doit tenir compte d'une inconnue en plus dans notre problème de localisation tridimensionnelle.

notes

résumé

3m 35s

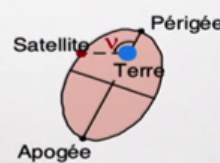
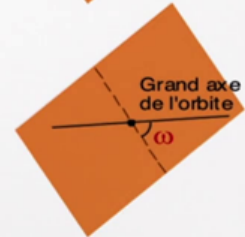
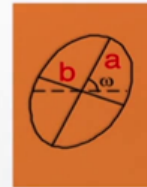
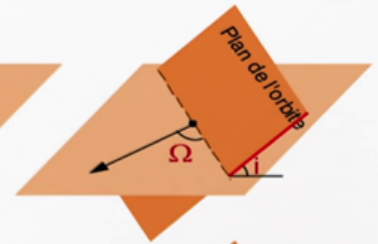
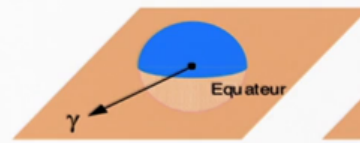


Bases de la localisation par satellites

• Concept de base – Réponses

- Connaître la position des satellites dans l'espace

éphémérides
→ paramètres
mouvement du sat



Ω	Ascension droite	Plan de l'orbite
i	Inclinaison	Plan de l'orbite
ω	Argument du périgée	Orientaion de l'orbite
a b	Axes	Forme et dimension de l'orbite
v	Anomalie vraie	Position instantanée

Le deuxième problème à résoudre c'est la localisation des satellites. On doit connaître la position précise de ces satellites dans l'espace. Pour cela, on va utiliser des éphémérides qui ne sont rien d'autre qu'une série de paramètres géométriques, ainsi que des éléments du mouvement du satellite dans sa trajectoire. Vous voyez ici sur la partie droite un certain nombre de ces éléments géométriques qui permettent effectivement de pouvoir calculer la position

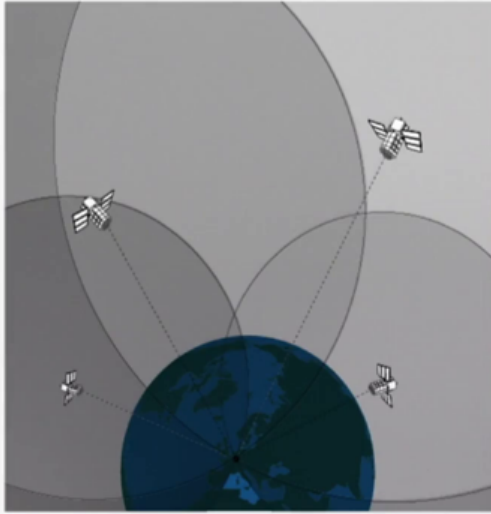
notes

résumé

4m 29s



- **Concept de base – Réponse**
 - Déterminer la position du lieu?



Éléments de géomatique

du satellite à un instant donné dans un système global de coordonnées.

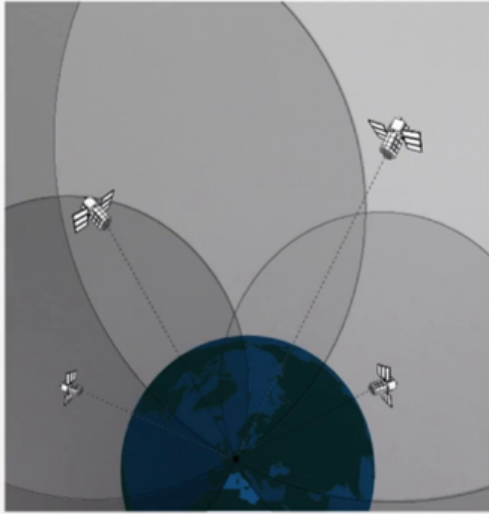
notes

résumé

5m 13s



- **Concept de base – Réponse**
- Déterminer la position du lieu?



Conns:

- Pos des Sats =
pts fixes de l.

Eléments de géomatique

Le troisième point qui nous intéresse maintenant c'est vraiment de déterminer la position spatiale de l'utilisateur. Pour cela, nous avons maintenant des éléments connus, à savoir la position des satellites, qu'on peut assimiler à des points fixes

notes

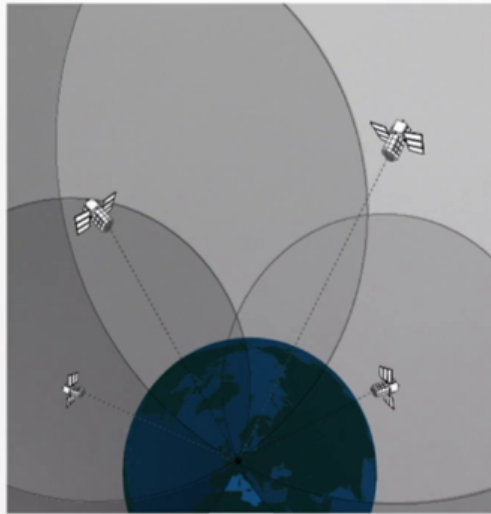
résumé

5m 20s



- **Concept de base – Réponse**

- Déterminer la position du lieu?



Conns:

- Pos des Sats =
pts fixes de l'espace
à un instant t .

- distances Sats \rightarrow Rec

\Rightarrow trilatération
recoupement de distances

Éléments de géomatique

de l'espace à un instant t . Ensuite, on a des distances entre un ensemble de satellites et le récepteur. On a ces éléments géométriques, et du moment qu'on a des points fixes et des distances, on va pouvoir appliquer un algorithme de trilatération, trilatération c'est-à-dire recoupement de distances pour déterminer un lieu géométrique.

notes

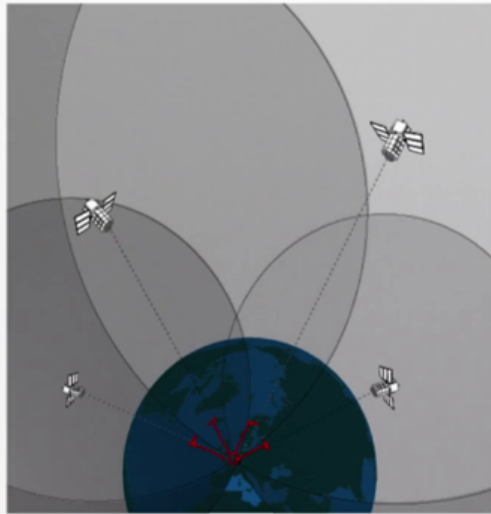
résumé

5m 48s



- **Concept de base – Réponse**

- Déterminer la position du lieu?



Conns:

- Pos des Sats =
pts fixes de l'espace
à un instant t .

- distances Sats \rightarrow Rec

\Rightarrow trilatération
recoupement de distances

Éléments de géomatique

[AUDIO_VIDE] Le problème qu'on a avec nos horloges, comme on l'avait évoqué précédemment, c'est qu'on a une petite différence, un petit décalage de temps entre l'horloge du récepteur et l'horloge du satellite, qui va s'exprimer ici en termes de distance. Si je prends à un instant t , j'aurai ce petit décalage de l'horloge qui va induire ici un biais dans la distance, mais ce biais sera le même pour chaque satellite, chaque distance observée,

notes

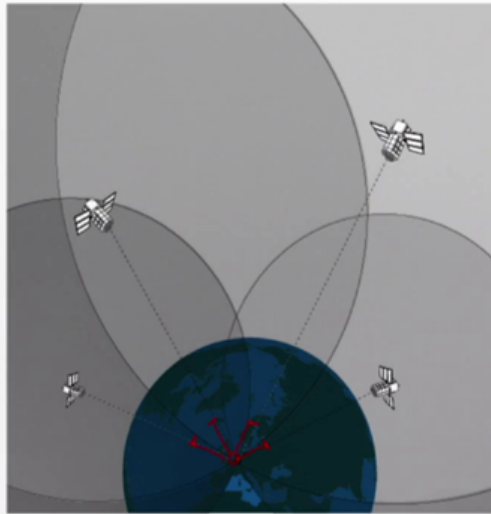
résumé

6m 40s



- **Concept de base – Réponse**

- Déterminer la position du lieu?



Conns:

- Pos des Sats =
pts fixes de l'espace
à un instant t .

- distances Sats \rightarrow Rec

\Rightarrow trilatération
recoupement de distances

\rightarrow pseudo-distance
Inconnue : horloge récepteur.

Éléments de géomatique

ce qui fait que dans notre problème, on va plutôt parler ici de pseudo-distance [AUDIO_VIDE] et on va ajouter une nouvelle inconnue à notre problème, qui est l'inconnue de l'horloge du récepteur. [AUDIO_VIDE] Ainsi,

notes

résumé

7m 19s



- **Description du système GPS**

- **Segment spatial**

- 24 satellites (valeur nominale)
- 6 plans orbitaux, séparés de 60°
- Altitude: 20'200 km
- Période de révolution 11h58 min

- Horloges atomiques, échelle de temps très précise et très stable 10^{-14} s
- Émission de signaux



Éléments de géomatique

avec trois inconnues pour la position plus cette quatrième inconnue d'horloge, il nous faut un minimum de quatre satellites pour déterminer la position de l'utilisateur.

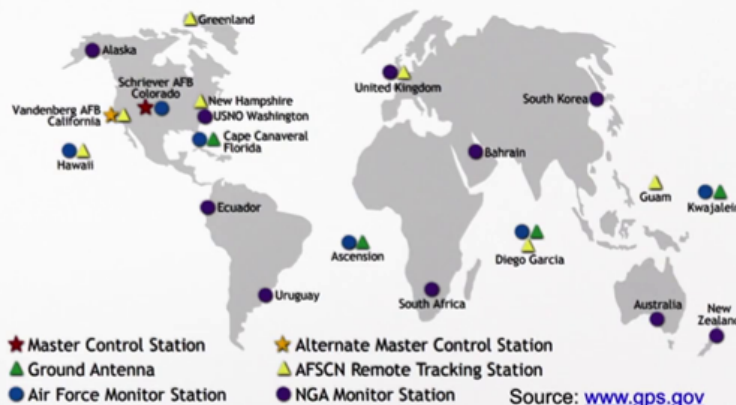
notes

résumé

7m 49s



- **Description du système GPS**
- **Segment de contrôle**
 - Stations de contrôle, centre de calcul et de télécommunication
 - Contrôle du système GPS, calculs de paramètres, envois d'informations aux satellites
 - Répartition des stations autour de la Terre



Éléments de géomatique

Description du système GPS. Là, on montre un petit peu ce que c'est que la constellation, où sont les satellites. On a, pour le GPS américain, une constellation nominale de 24 satellites, et ce qu'il faut savoir c'est que c'est des satellites qui volent à une altitude moyenne, on appelle orbite moyenne, à, à peu près, 20 000 kilomètres par rapport à la surface de la Terre. Je vous rappelle qu'il y a les orbites basses pour l'observation de la Terre, télédétection, et les orbites géostationnaires à 36 000 kilomètres. Ici, on se situe un petit peu dans un étage intermédiaire. Ensuite, ce qui est important à savoir pour le GPS c'est que le temps de révolution du satellite, c'est à peu près 12 heures, ce qui veut dire qu'il va faire une révolution complète en 12 heures. Nous sommes sur la Terre, donc en 12 heures, on va faire une demi rotation de la Terre, ce qui fait qu'après une journée, après 24 heures, on va retrouver à peu près la même image des satellites au-dessus de notre tête. Autre élément important, le cœur du système, ce sont les horloges atomiques qui ont une précision de l'ordre de 10 moins 14 secondes. C'est important d'avoir cette résolution du temps pour pouvoir déterminer des distances très précises, pour pouvoir ensuite avoir des positions selon les spécifications de GPS, c'est-à-dire de l'ordre du mètre ou de quelques mètres à la surface de la Terre. Nous avons vu la partie spatiale de GPS, la constellation de satellites. Cette constellation ne peut pas fonctionner seule. Il faut pour cela un segment de contrôle. Un segment de contrôle, c'est un ensemble de stations au sol qui peuvent suivre le GPS, communiquer avec le GPS et également faire tout un tas de calculs et gérer le système depuis différents points de positions autour du globe. Ces points sont la plupart répartis le long de l'équateur

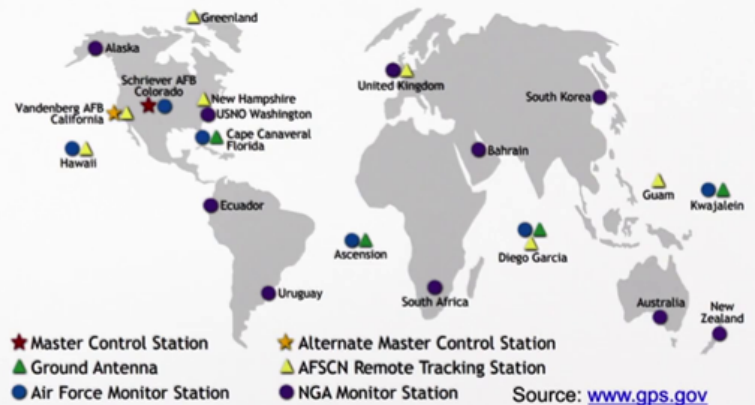
notes

résumé

7m 58s



- **Description du système GPS**
- **Segment de contrôle**
 - Stations de contrôle, centre de calcul et de télécommunication
 - Contrôle du système GPS, calculs de paramètres, envois d'informations aux satellites
 - Répartition des stations autour de la Terre



Éléments de géomatique

Ce qui permet un monitoring de l'ensemble de la constellation de GPS en tout temps 24/24. Le centre névralgique de GPS est aux États-Unis à Colorado Spring où là on a vraiment toute l'infrastructure de gestion, de calcul et qui permet vraiment de gérer toute la constellation

notes

résumé

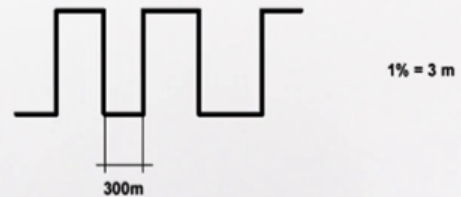
- **Signaux GPS**
- Ondes porteuse (L1, L2, L5)
 - Fréquence 1.2 – 1.6 GHz

Mesures de phase ($f_1=1.575$ GHz, $f_2=1.228$ GHz)



- Codes modulés
 - Code civil (C/A): accès libre
 - Code P, M: protégé, accès restreint
 - Messages

Mesures de code C/A (1.023 Mbits/s): 1bit = 300m



Éléments de géomatique

de GPS depuis les États-Unis.

notes

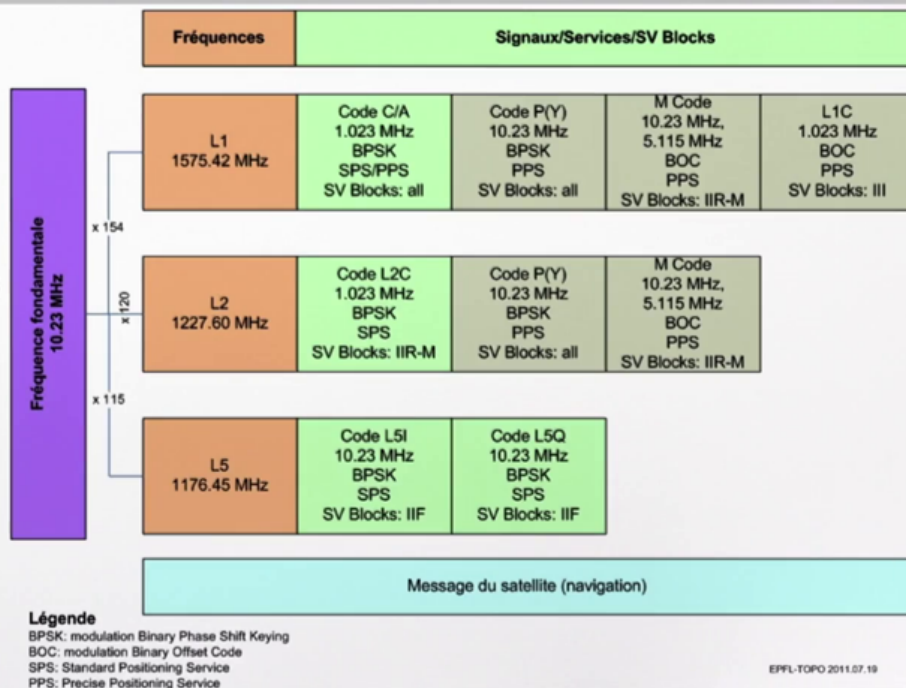
résumé

10m 25s



Bases de la localisation par satellites

- **Signaux GPS**
- Implémentation pour le GPS américain
- Gammes et structures de signaux similaires pour les autres GNSS



On a vu l'architecture générale de GPS avec sa constellation et son centre de contrôle. Maintenant, à partir des horloges atomiques, on va pouvoir générer un certain nombre de fréquences. Les fréquences fondamentales sont les porteuses. Et ces porteuses sont dans une gamme de fréquence de l'ordre de 1,2 à 1,6 GHz, ce qui veut dire une longueur d'onde d'environ 20 cm, donc, c'est relativement court, ce qui explique que le GPS pour qu'il fonctionne, on doit avoir une vue directe vers les satellites. Ça ne va pas fonctionner par exemple à l'intérieur du bâtiment ou dans un parking au sous-sol. La porteuse c'est une chose. Ce qui est important ensuite c'est le code que l'on va générer sur cette porteuse et ce code ici, qui est modulé sur la porteuse a une longueur d'environ 300 m. Donc, ça c'est comme une règle si on veut bien, qui a une certaine résolution et puis par corrélation, on peut déterminer un pourcent de cette longueur. C'est ce qui nous donnera nominalement, environ trois mètres comme étant la résolution du code de la mesure, je dirais, fondamentale, pour déterminer une position. Le code, on trouve deux catégories : il y a une catégorie ici civile avec un accès libre. Dès le début de GPS, on a eu cet accès non seulement militaire mais également à la communauté civile et puis on a évidemment l'accès restreint ici pour les militaires avec une codification, un encryptage des données qui est réservé vraiment à la défense.

notes

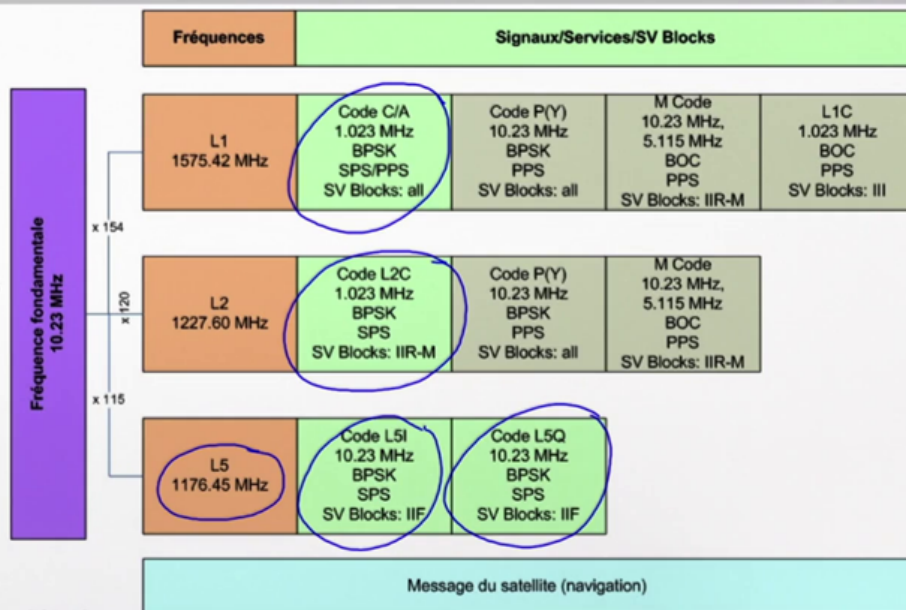
résumé

10m 29s



Bases de la localisation par satellites

- Signaux GPS
- Implémentation pour le GPS américain
- Gammes et structures de signaux similaires pour les autres GNSS



Légende

BPSK: modulation Binary Phase Shift Keying
BOC: modulation Binary Offset Code
SPS: Standard Positioning Service
PPS: Precise Positioning Service

EPFL-TOPO 2011.07.19

GPS, comme les autres systèmes de navigation par satellite, est en pleine évolution. Il y a toute une phase de modernisation par l'ajout d'un certain nombre de signaux et notamment des signaux qui vont être utilisés par la communauté civile. On voit sur ce schéma ici en vert, on a cette partie-là, qui est le premier signal civil donc à l'origine du GPS, donc, c'était le seul morceau disponible pour les civils librement et maintenant dans la nouvelle configuration, on a ici, un deuxième signal civil sur la deuxième fréquence et puis sur la nouvelle fréquence ici L5 de la bande aéronautique aussi, on a également des codes ici qui sont disponibles pour le public et notamment pour les besoins de l'aviation civile.

notes

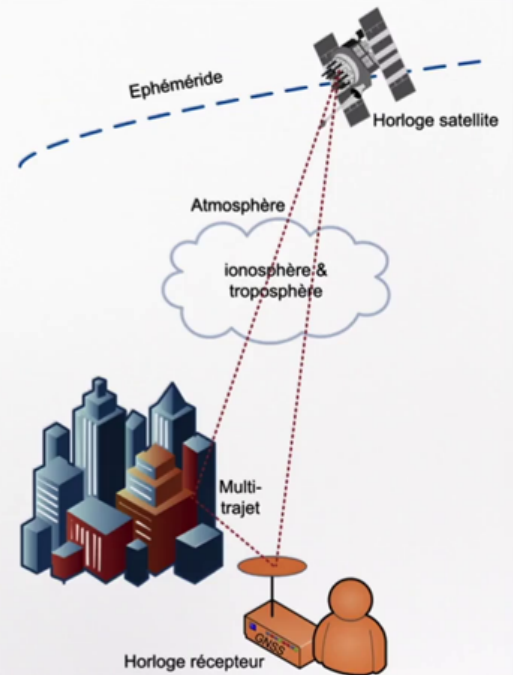
résumé

12m 12s



Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Satellite
- Atmosphère
- Récepteur



Venons, maintenant aux sources d'erreurs de GPS.

notes

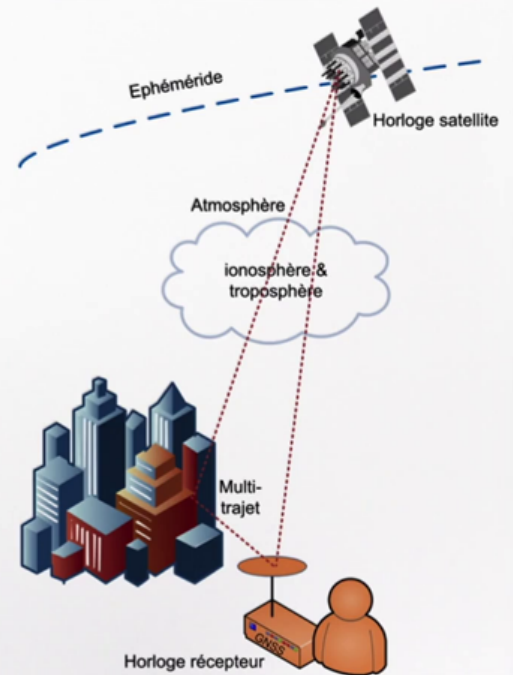
résumé

13m 1s



Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Satellite
- Atmosphère
- Récepteur



On a vu que c'est un système de radionavigation donc ce sont des ondes qui sont émises par les satellites qui vont traverser les différentes couches de l'atmosphère pour arriver

notes

résumé

13m 2s



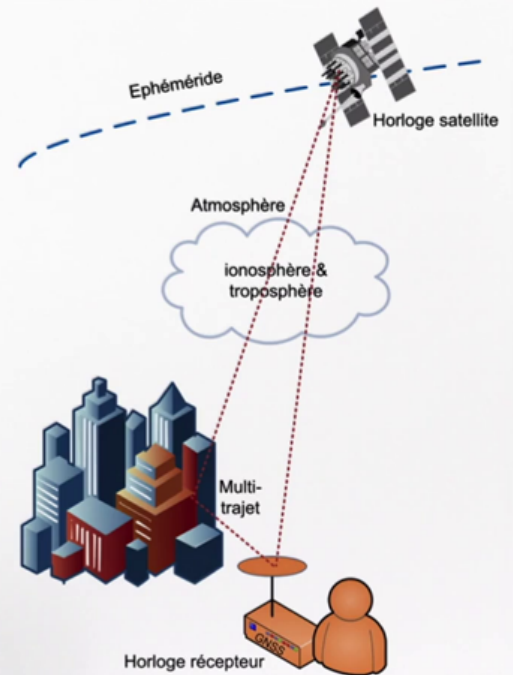
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Satellite

- Atmosphère

- Récepteur



ensuite sur Terre et toute cette traversée ne va pas sans peine parce qu'il y a un certain nombre d'éléments qui peuvent affecter ces signaux. Alors, si on regarde ce qui se passe au niveau du satellite,

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

.....

.....

.....

.....

.....

13m 19s



Bases de la localisation par satellites

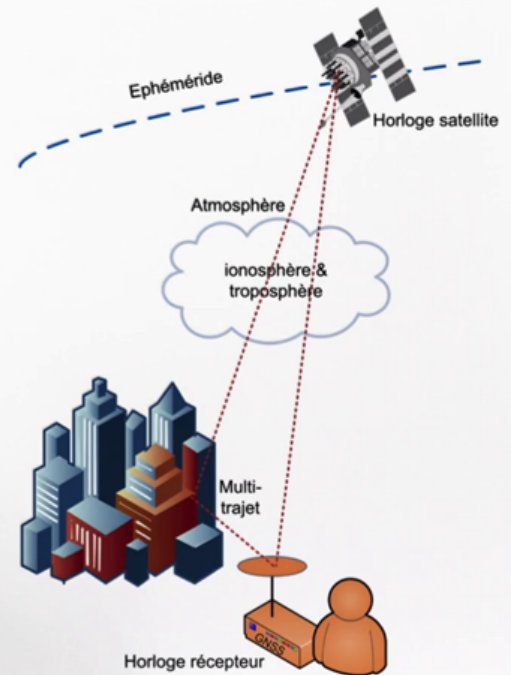
- Sources d'erreur

- Satellite

Pos (eph) →
Hor

- Atmosphère

- Récepteur



on a d'abord je dirais, sa position avec les éphémérides. Même si elles sont précises, ces éphémérides, ça peut avoir un biais ici sur la position du satellite.

notes

résumé

13m 27s



Bases de la localisation par satellites

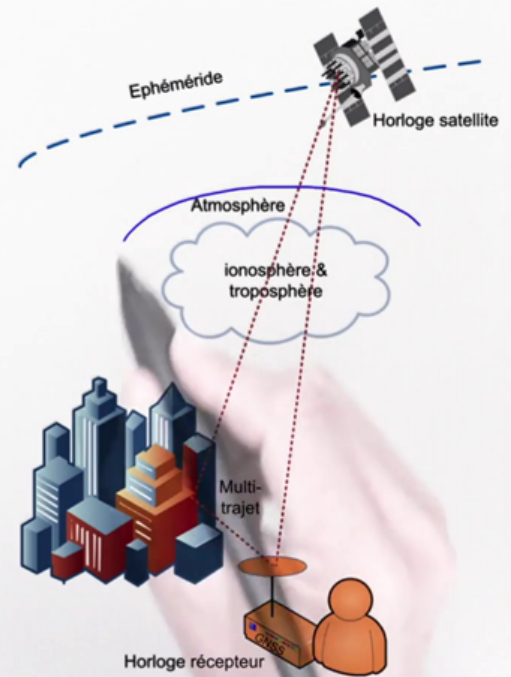
- Sources d'erreur

- Satellite

Pos (eph) →
Horloge (atb) → dist

- Atmosphère

- Récepteur



Au niveau du satellite, on a des horloges, même si ce sont des horloges, je dirais, atomiques, il peut y avoir un biais qui peut se traduire en distance.

notes

résumé

13m 43s



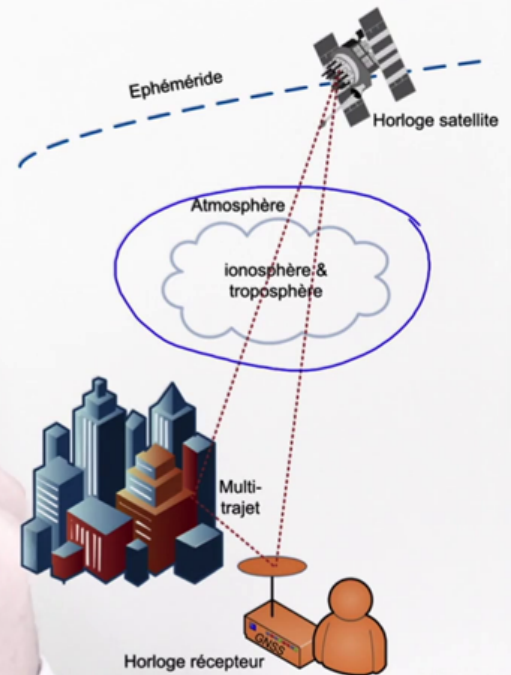
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Satellite $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pos (eph)} \rightarrow \\ \text{Horloge (atb)} \rightarrow \text{dist} \end{array} \right.$

- Atmosphère $\left\{ \begin{array}{l} \text{iono} \\ \text{tropo} \end{array} \right\} \rightarrow \text{dist} \Rightarrow n$

- Récepteur



Ensuite, l'élément principal au niveau de la source d'erreur, c'est les différentes couches de l'atmosphère où on a les couches les plus hautes avec la ionosphère, et les couches les plus basses avec la troposphère. Donc, ceci va également avoir un impact sur les distances et ces éléments-là, on peut les modéliser

notes

résumé

13m 57s



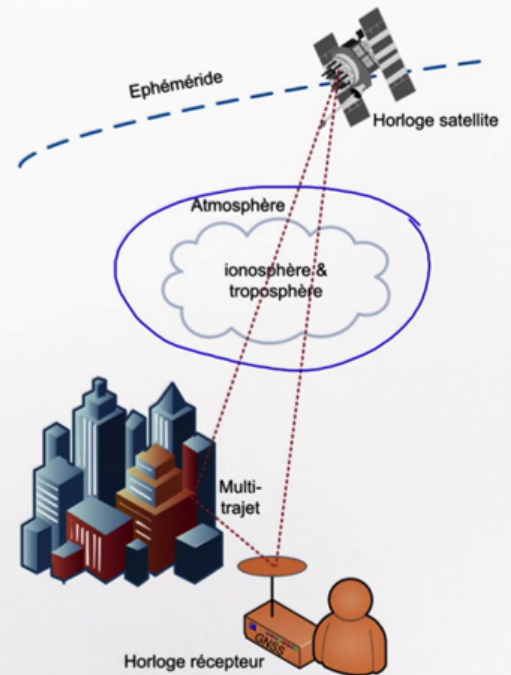
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Satellite $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pos (eph)} \rightarrow \\ \text{Horloge (atb)} \rightarrow \text{dist} \end{array} \right.$

- Atmosphère $\left\{ \begin{array}{l} \text{iono} \\ \text{tropo} \end{array} \right\} \rightarrow \text{dist} \Rightarrow \text{modélisés.}$

- Récepteur



de manière à atténuer les erreurs

notes

résumé

14m 23s



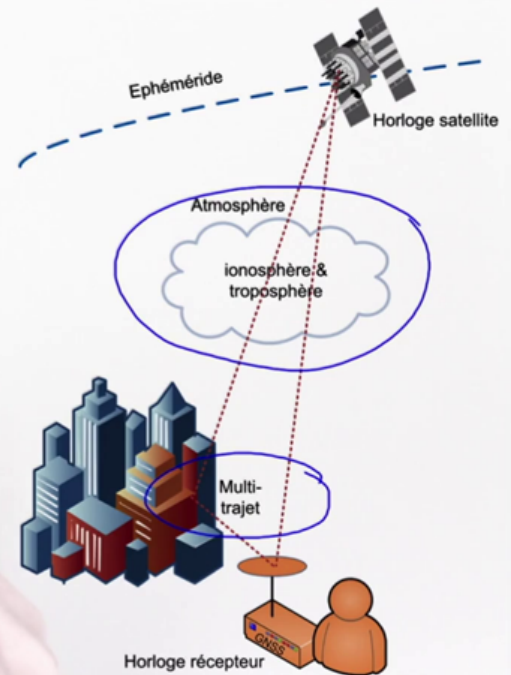
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Satellite
 - Pos (eph) →
 - Horloge (atb) → dist

- Atmosphère
 - iono } → dist
 - tropo } ⇒ modélisés.

- Récepteur → env. / multitrajet



dues à cette réfraction en traversant les différentes couches de l'atmosphère. Ensuite, on se situe au niveau du récepteur et le premier élément, je dirais, qui est vraiment contraignant c'est l'environnement proche du récepteur avec les effets de multitrajets

notes

résumé

14m 29s



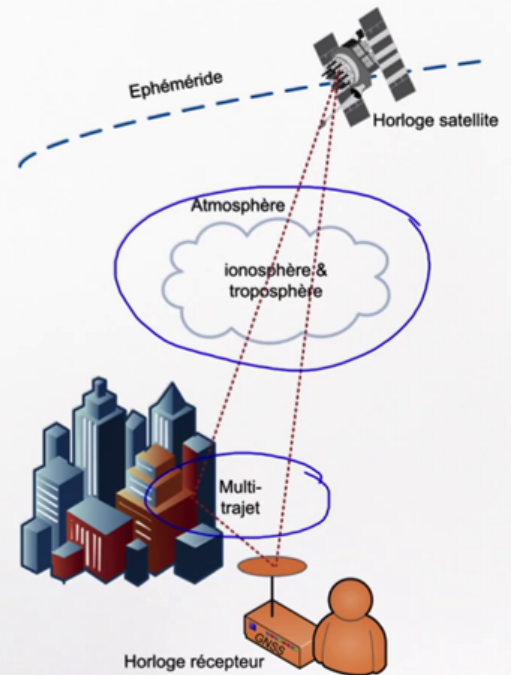
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Satellite
 - Pos (eph) →
 - Horloge (atb) → dist

- Atmosphère
 - iono } → dist
 - tropo } ⇒ modélisés.

- Récepteur
 - env. / multi-trajet → dist.
 - horloge du



qui vont avoir aussi un impact sur l'allongement des distances et qui peut être très gênant notamment quand on se trouve dans des sites urbains. L'autre élément c'est évidemment l'horloge du récepteur,

notes

résumé

14m 50s



- Sources d'erreur
- Exemple pratique



qui peut aussi avoir un biais et qui doit être ici aussi modalisé et atténué.

notes

résumé

15m 7s



- Sources d'erreur
- Exemple pratique

①

②



Période optimale de réception GPS (>7 sats)

- ① Zone dégagée, réception GPS optimale
- ② Zone d'habitation, réception GPS faiblement perturbée



Période défavorable de réception GPS (4-5 sats)

- ③ Zone d'habitation, réception GPS perturbée, erreurs systématiques sur la position

EPFL - Laboratoire de Topométrie

Alors, on a vu ces sources d'erreurs, je dirais, d'un point de vue un petit peu théorique. maintenant, je vous présente un exemple pratique typiquement d'une trajectoire enregistrée avec un récepteur GPS dans deux conditions différentes. On a, je dirais, le cas à gauche avec les zones une et les zones deux.

notes

résumé

15m 15s

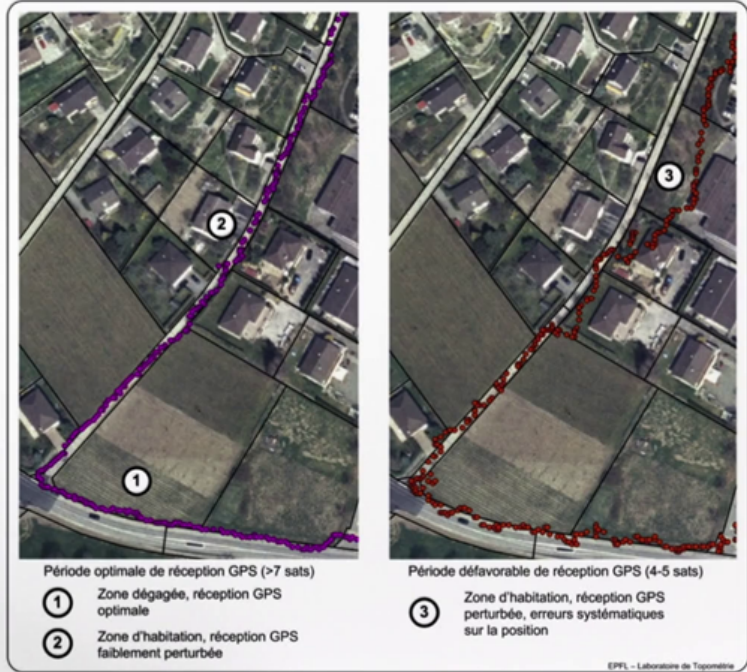


Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Exemple pratique

① dégagée

②



Avec la partie une qui est bien dégagée et la partie deux avec quelques bâtiments.

notes

résumé

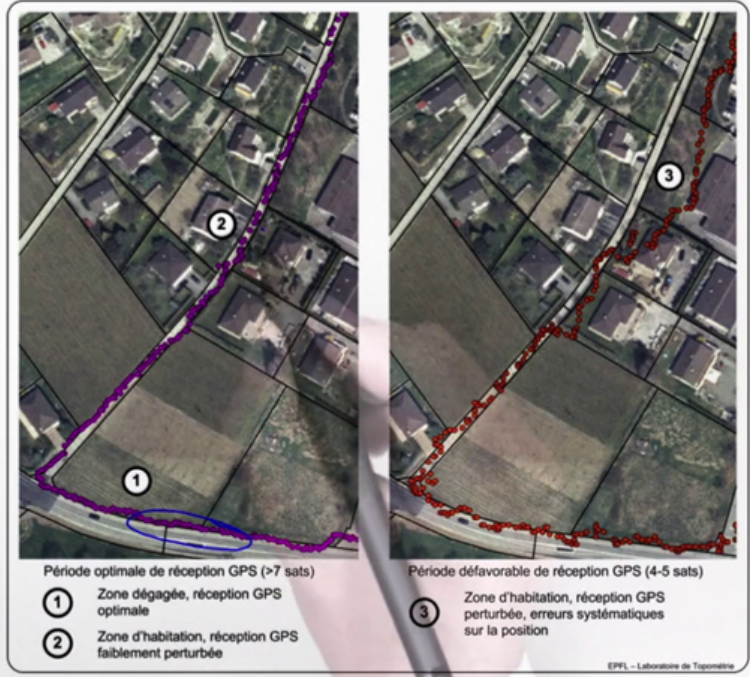
15m 37s



Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Exemple pratique

- ① dégagée 2-3m
② bâtiments



Donc, on voit ici dans cette zone bien dégagée, on est dans une précision, je dirais, de l'ordre de deux à trois mètres alors

notes

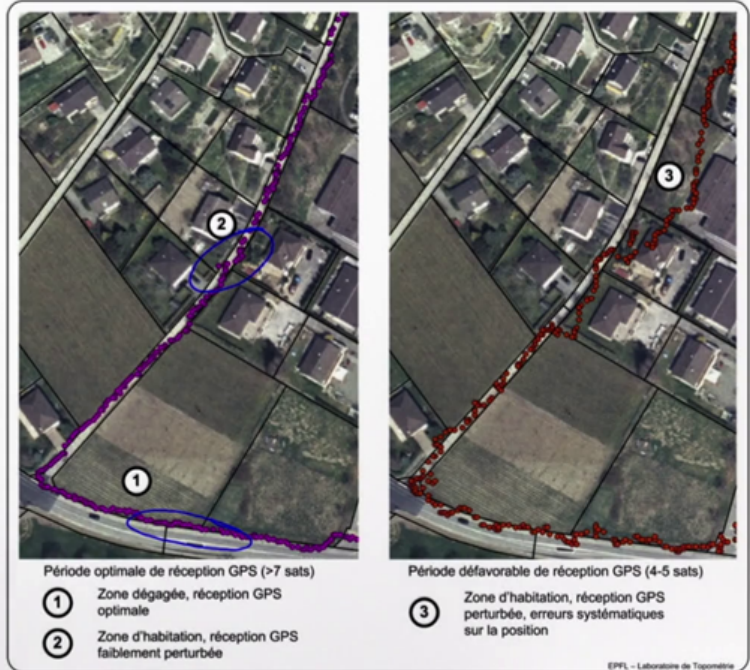
résumé

15m 43s



- Sources d'erreur
- Exemple pratique

① dégagée 2-3m } ok
② bâtiments 3-5m }



que dans la zone ici près des bâtiments, et bien on a des déviations qui peuvent aller de l'ordre, je dirais, de trois à cinq mètres. Donc, on est dans des zones ici, je dirais, de bonnes conditions. On a une bonne constellation de satellites et on n'a pas de biais majeurs.

notes

résumé

16m 1s



Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Exemple pratique

① dégagée 2-3m } ok
② bâtiments 3-5m }

③



On a ensuite une zone ici trois où c'est beaucoup plus critique. Donc, là, même dans la zone, je dirais, des bâtiments,

notes

résumé

16m 19s



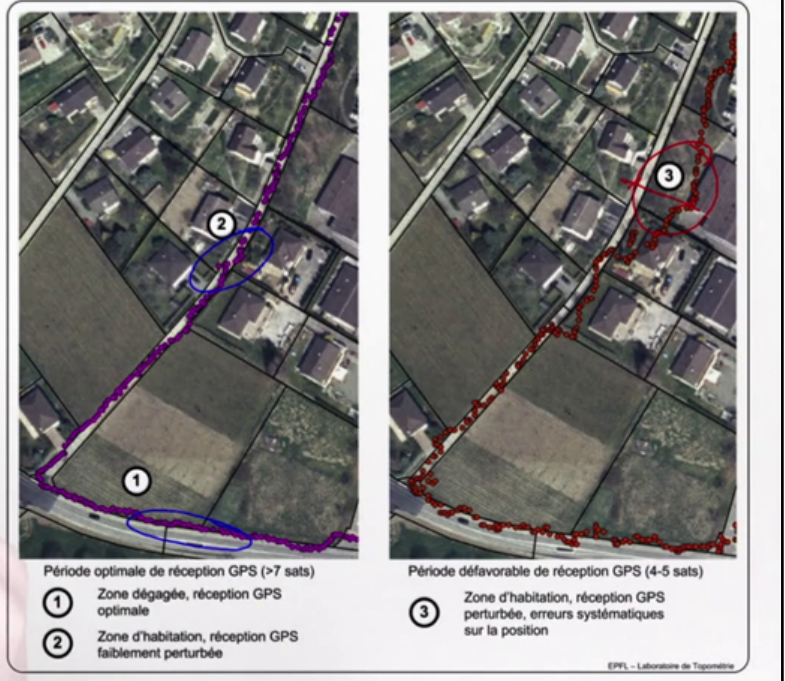
Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur

- Exemple pratique

① dégagée 2-3m } ok
② bâtiments 3-5m }

③ bâtiments



on a des écarts ici, qui sont de 10 à 30 m,

notes

résumé

16m 32s



Bases de la localisation par satellites

- Sources d'erreur
- Exemple pratique

- ① dégagée 2-3m } OK
② bâtiments 3-5m }

③ bâtiments 10-30m non OK



donc dans ce cas-là, c'est clairement moins bon.

notes

résumé

16m 41s



- **Atténuation de la précision**
- DOP: Dilution of Precision
 - Coefficient **calculé a priori**
 - Représente la **disposition spatiale des satellites** par rapport au lieu d'observation
 - Calculé à partir de **l'almanach** des satellites et d'une position approchée du lieu



Donc, on a moins de satellites à disposition et on a surtout ici un effet de biais qu'on observe dans cette région. Donc, on voit le même trajet avec le même système, le même récepteur mais avec des périodes d'observation différentes. Donc la constellation a bougé et dans ce cas-là, et bien on voit qu'on a un moment favorable et un moment défavorable. Derniers points de ces bases de la localisation : quelques considérations sur la géométrie des satellites. On a vu les sources d'erreurs et un point aussi important c'est la disposition dans l'espace des satellites. Je vous montre ici, sur ce graphe à droite, une représentation du ciel avec la disposition des satellites. Vous avez ici l'angle d'élévation sur l'horizon. Donc, là on est à zéro degré. Ici, on est à 45 degrés et puis on va se retrouver ici au centre au zénith à 90 degrés. Ensuite on observe ici, le Nord, le Sud, évidemment l'Est et l'Ouest. Donc on peut représenter la position des satellites avec ici ces

notes

résumé

16m 55s



- Concept de base
- Description du système
- Signaux des satellites
- Sources d'erreurs
- Atténuation de la précision (DOP)
- Principes
 - Géométrie des mesures de Code



petits points rouges et j'ai un certain nombre de satellites ici et si je dessine un petit peu la forme géométrique, qui va lier ces différents satellites, je vois que j'ai quelque chose qui est relativement bien répartie dans le ciel. Donc, on a une configuration géométrique qui est très bonne. Donc, le facteur géométrique qu'on calcule ici qui s'appelle le DOP, donc l'atténuation de la précision ou Dilution Of Precision, c'est quelque chose qu'on peut calculer à priori, qui reflète en fait de cette condition géométrique ici, qui est très favorable pour pouvoir déterminer une bonne position géométrique de l'utilisateur. Pour cela, il faut disposer d'un almanach, c'est-à-dire la prédiction de passage des satellites et connaître à peu près l'endroit où on va faire les mesures. Je vous ai présenté un cas idéal. Maintenant, je vous montre un cas où mes satellites sont ici répartis pratiquement dans un plan. On peut imaginer ici un canyon urbain où effectivement les satellites qui seraient à gauche et à droite du canyon sont masqués donc on obtient uniquement les satellites qui sont ici dans un plan préférentiel. Et on voit que le calcul de la DOP ici, va donner des valeurs très grandes et on comprend aussi que géométriquement la direction, je dirais, perpendiculaire à ce canyon urbain est nettement moins bien tenue. Donc, à priori on sait déjà que dans cette configuration géométrique, le résultat final ne sera pas bon. On a vu ensemble ces bases de la localisation par satellite, donc avec quelques éléments sur l'architecture, sur la constellation, sur les signaux, sur les différentes sources d'erreurs et finalement sur le DOP ou l'atténuation de la précision. Donc c'est une bonne entrée en matière, qui sera complétée par la deuxième vidéo présentée par le professeur Merminod, qui lui va s'attarder un petit peu plus longtemps sur ces considérations géométriques, qui permettent à l'utilisateur d'avoir une bonne position avec son récepteur

notes

résumé

18m 13s



- Concept de base
- Description du système
- Signaux des satellites
- Sources d'erreurs
- Atténuation de la précision (DOP)
- Principes
 - Géométrie des mesures de Code



GPS. bonne position avec son récepteur GPS.

notes

résumé
