

Support de cours

Cours:

## Éléments de Géomatique

Vidéo:

### 7.1 Principe de la localisation par satellites

Concepts (extraits des sous-titres générés automatiquement) :

**Succès de gps. Système militaire. Divers systèmes. Premier système de localisation. Signaux des transparents statiques. Marché des récepteurs. Intérieur des bâtiments. Élément d'un réel service. Dizaines de mètres. Arc de cercle. Base de données routières. Suivi d'un programme d'entrainement. Solution idéale. Côté des applications grand. Nord de l'hémisphère boréale.**



[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 1/37



# Principe de la localisation par satellites

Éléments de Géomatique, localisation par satellites

Prof. Bertrand Merminod

© 2013 swisstopo (JD100064)

...

notes

résumé

0m 0s





Aujourd'hui nous allons aborder la localisation par satellites

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

.....

.....

.....

.....

.....

0m 1s



# Localisation par satellites

- GPS à toutes les sauces
- La position est une composante importante d'un service, mais pas la seule!



Éléments de géomatique

3

Au pluriel ! Nous verrons qu'il en faut plusieurs et que leur nombre grandit vite actuellement Chacune et chacun a déjà utilisé cette technologie en voiture ou en balade Parfois elle intervient de manière discrète par exemple pour le suivi d'un programme d'entraînement avec le smartphone Mais qui sait vraiment comment cela fonctionne

notes

résumé

0m 5s







Le succès de GPS est phénoménal C'est probablement le système militaire qui a le plus d'impact sur les activités civiles Si l'on cherche une position: GPS Pour suivre un itinéraire en voiture: GPS D'ailleurs on parle d'un navigateur GPS, laissant dans l'ombre la base de données routières et le logiciel de visualisation Pourtant ces composantes sont essentielles pour arriver à bon port La position n'est qu'un élément d'un réel service, elle ne suffit pas pour savoir que faire, ni où aller

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

0m 35s



.....

.....

.....

.....

Global  
Navigation  
Satellite  
System

Le plus connu: NAVSTAR – GPS  
NAVigation Satellite Timing And  
Ranging – Global Positioning System



Il existe d'autres systèmes, semblables:



et tous sont en développement.



GNSS est un terme général qui tente à remplacer GPS perçu

notes

résumé

1m 13s



Depuis longtemps, la navigation est associée aux horloges.



garde-temps de Harrison, 1759

récepteur GPS en 1977



perçu désormais comme restrictif Les divers systèmes se ressemblent et leur compatibilité augmente ce qui est montré ici pour GPS demeure valable pour les autres systèmes La conception de GPS date d'une cinquantaine d'années

notes

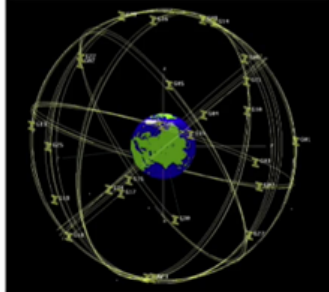
## résumé

1m 17s



dans cette vidéo:

- introduction
- géométrie des mesures de code



Ce n'est pas le premier système de localisation par satellite ni le seul mais au cours de son déploiement, l'électronique et l'informatique ont tant progressé que le marché des récepteurs s'est ouvert bien au-delà des militaires et des scientifiques. Donc c'est le premier système dont on parle aussi largement.

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

1m 37s





- description des GNSS
- description des signaux
- sources d'erreurs
- Dilution Of Precision

notes

1m 58s





Pour la description du système et des signaux des transparents statiques ou les tableaux et illustrations du polycopié demeurent plus efficaces

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

2m 7s



---

---

---

---

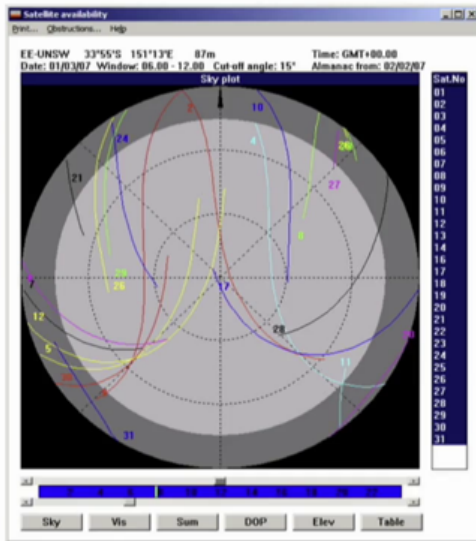
---

---

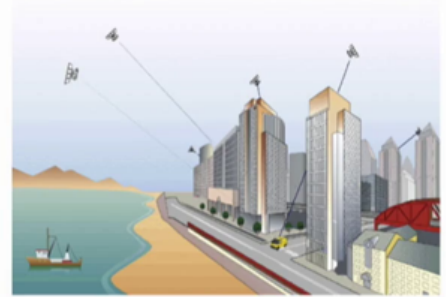
---

---

## trace des satellites à Sydney le 1er mars 2007



Le ciel  
peut être  
masqué...



- sky plot: Le zénith est au centre et l'horizon autour.
- Aucun satellite au-dessus du pôle Sud.

Éléments de géomatique 8

On croit souvent que GPS apporte une solution idéale à tout problème de localisation. Il faut nuancer. La localisation par satellite ne fonctionne pas partout : les positions sont perturbées lorsque le ciel est partiellement masqué (en forêt, en montagne ou dans la rue). Évidemment, c'est pire à l'intérieur des bâtiments ou dans un tunnel.

notes

résumé

2m 19s





Ici nous voyons le diagramme du ciel au-dessus de Sydney. Selon la disposition des orbites, les satellites ne passent jamais au-dessus des pôles. Le trou ici au Sud se retrouve au Nord de l'hémisphère boréale.

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

2m 43s



---

---

---

---

---

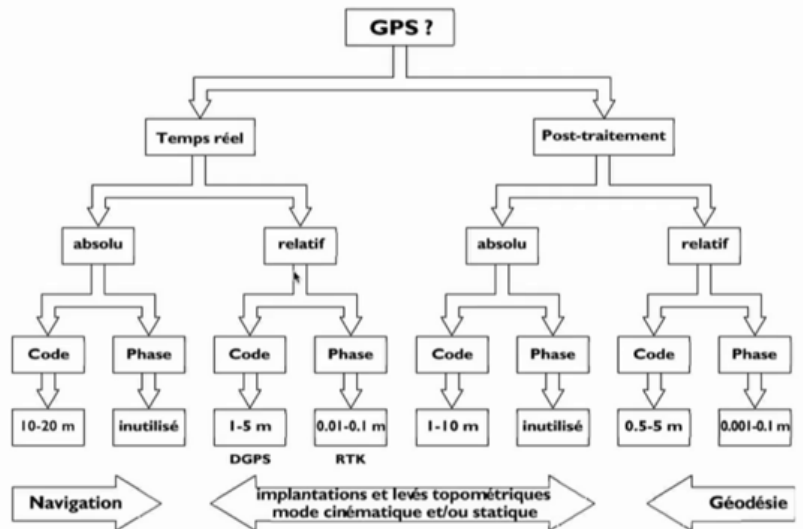


toute une gamme  
d'applications...

*Plus précis, d'accord,  
mais ce sera plus  
compliqué:*

- mesures
- mode opératoire
- traitements

*et ce sera plus cher!*



Éléments de géomatique 9

Avec GPS, on peut faire le point, se situer sur la carte ou en pleine mer à quelques dizaines de mètres près souvent même à quelques mètres près. On peut aussi déterminer le déplacement d'un rocher à quelques millimètres près mais avec d'autres récepteurs, d'autres signaux et d'autres traitements.

notes

résumé

3m 1s



- avec ellipse d'erreur

En résumé, c'est plus compliqué, et c'est plus cher environ cent fois plus cher. A côté des applications grand public il existe un marché de niches pour des spécialistes.

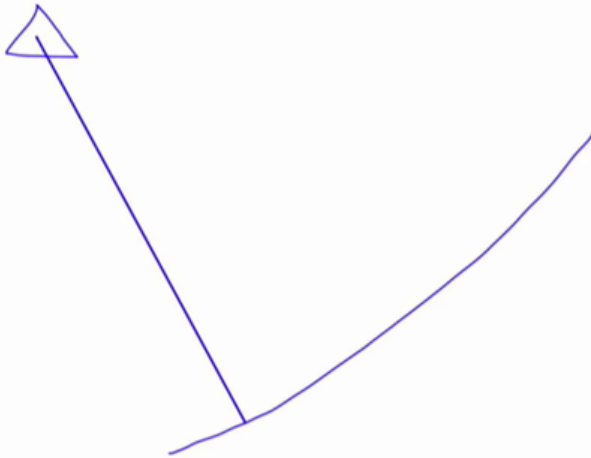
notes

résumé

3m 25s



- avec ellipse d'erreur



Un satellite est un point connu dans l'espace Reportons la distance mesurée Notre position doit se trouver sur un arc de cercle

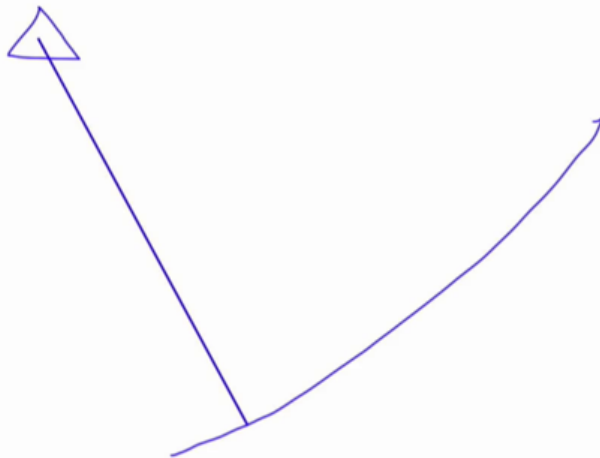
notes

résumé

3m 38s



- avec ellipse d'erreur



Faisons de même avec un deuxième satellite

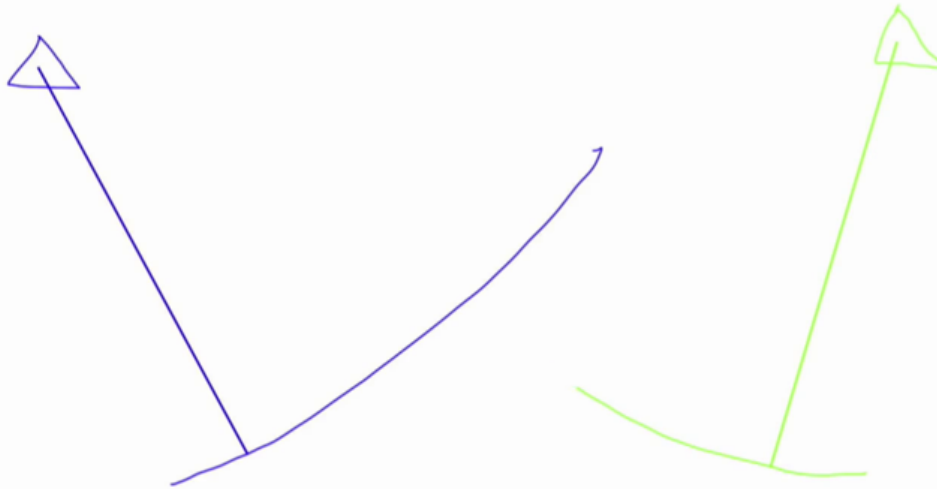
notes

résumé

4m 1s



- avec ellipse d'erreur



Voici la seconde distance mesurée Et voici l'arc sur lequel nous devons nous trouver

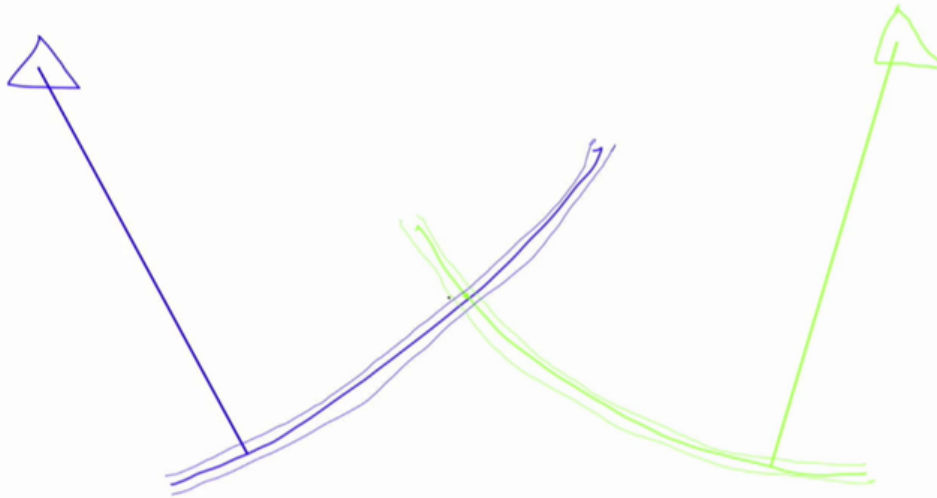
notes

résumé

4m 11s



- avec ellipse d'erreur



Éléments de géomatique 10

Le recouplement des deux arcs de cercle donne la position recherchée. Supposons maintenant que les distances comportent une petite incertitude que l'on peut représenter par une bande. Voici pour le second satellite. Et faisons de même pour le premier. On obtient une zone de recouvrement.

notes

résumé

4m 19s



- angle très aigu



11

Généralement, on représente cette zone de recouvrement par une ellipse Si les arcs se coupent à angle droit l'ellipse devient un cercle

notes

résumé

5m 1s



- angle très aigu



Regardons deux autres configurations D'abord avec un angle très aigu Voici le premier satellite et la distance mesurée

notes

résumé

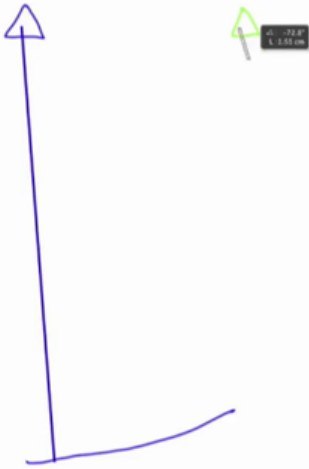
5m 21s





# Bilatérations défavorables

- angle très aigu



puis l'arc Faisons maintenant le second satellite la distance mesurée

notes

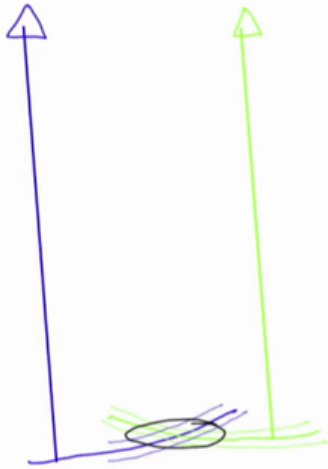
résumé

5m 38s



# Bilatérations défavorables

- angle très aigu



- angle presque plat

et l'arc Dans ce cas la zone d'incertitude se présente comme suit La zone de recouvrement est beaucoup plus étendue qu'avant et l'ellipse prend cette forme Avec un angle presque plat

## notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## résumé

5m 53s



.....

.....

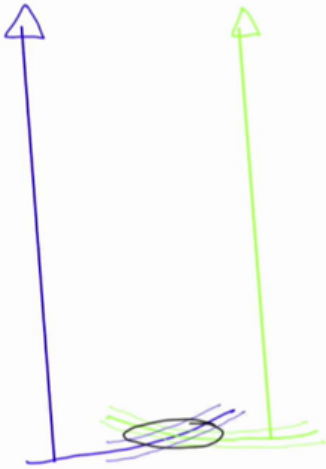
.....

.....

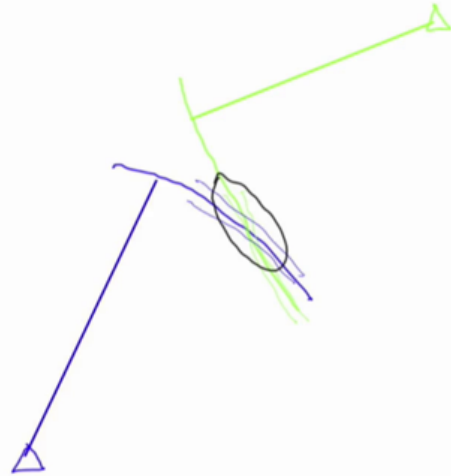
.....

# Bilatérations défavorables

- angle très aigu



- angle presque plat



la situation est très semblable Dans ce cas également, l'ellipse sera très allongée

notes

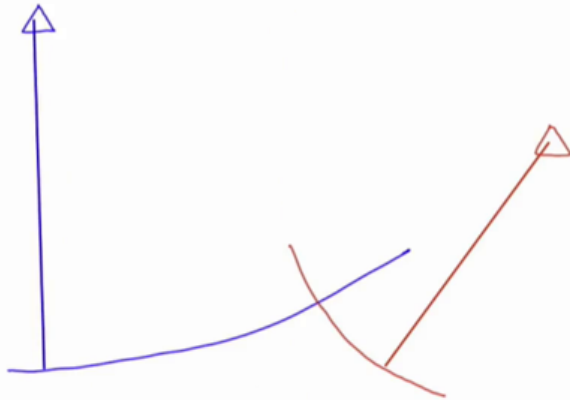
résumé

6m 27s

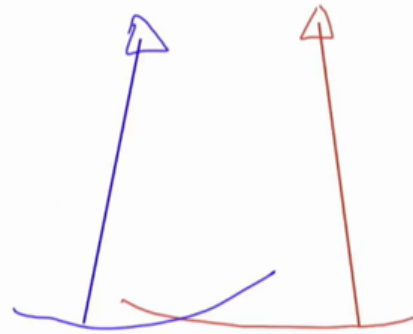


# Bilatération avec une distance erronée

- cas favorable



- cas défavorable



et la détermination de la position est très faible le long de son grand axe

notes

résumé

6m 49s



- par rapport aux mesures terrestres: pas de réflecteur!
- mesure unidirectionnelle "one-way"
- On mesure le départ du signal avec une horloge et son arrivée avec une autre.
- L'erreur d'horloge du récepteur biaise toutes les distances mesurées au même instant du même montant.  
⇒ pseudo-distances



Reprenons la bilatération favorable et supposons une erreur sur l'une des distances. L'arc est déplacé et la solution également. Si le recoupement des arcs est moins favorable, la même erreur entraîne le même déplacement de l'arc, mais elle entraîne un bien plus grand déplacement de la solution.

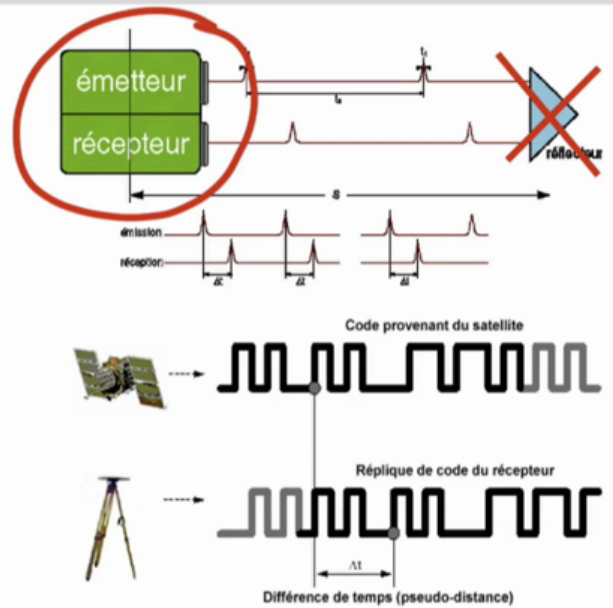
notes

résumé

6m 54s



# Localisation par satellites



De nombreuses erreurs peuvent affecter les mesures de distance L'une est inhérente aux procédés de mesure Contrairement aux techniques terrestres il n'y a pas de réflecteur Le départ et l'arrivée du signal ne sont pas mesurés avec le même appareil donc avec la même horloge

notes

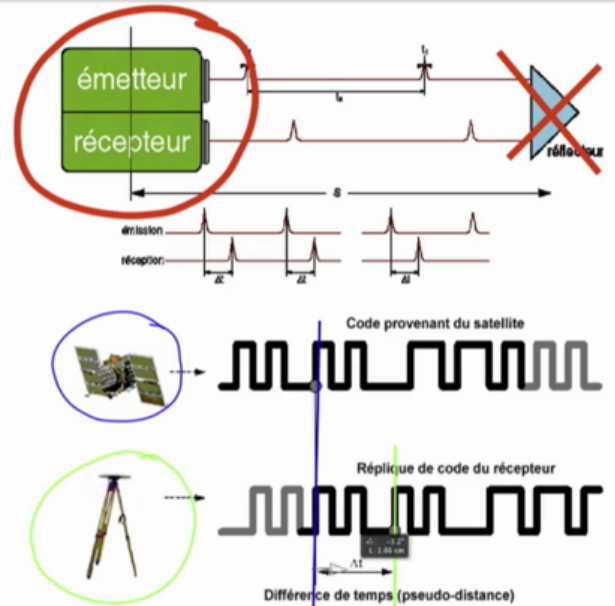
résumé

7m 34s



# Localisation par satellites

- par rapport aux mesures terrestres: pas de réflecteur!
- mesure unidirectionnelle "one-way"
- On mesure le départ du signal avec une horloge et son arrivée avec une autre.
- L'erreur d'horloge du récepteur biaise toutes les distances mesurées au même instant du même montant.  
⇒ pseudo-distances



Éléments de géomatique 13

Le satellite émet un code qui contient l'heure de départ alors que l'heure d'arrivée est déterminée par l'horloge du récepteur

notes

résumé

8m 3s





Et donc on mesure ce décalage Puisqu'il faut multiplier le temps de parcours par la vitesse de la lumière pour déterminer la distance même un petit défaut de synchronisation ne peut-être négligé Les satellites contiennent des horloges atomiques et le système les synchronise en permanence Donc le décalage de l'horloge à quartz du récepteur est le même par rapport à tous les satellites C'est comme si l'on mesurait des distances avec un ruban métrique comportant un gros noeud on aurait perdu le zéro On parle alors de pseudo-distances Dans le plan, le biais constant est une troisième inconnue du problème en plus des coordonnées Est et Nord Pour calculer trois inconnues il faut au moins trois observations, donc trois satellites Le recoupement ne se présente pas forcément comme on s'y attendrait Il faut chercher le point équidistant des trois arcs de cercle en l'occurrence il se trouve ici Le même décalage est appliqué aux trois arcs qui sont décalés du même montant On notera que la solution se trouve généralement en dehors du triangle formé par les trois arcs originaux Le passage en 3D ne pose pas de problème particulier

notes

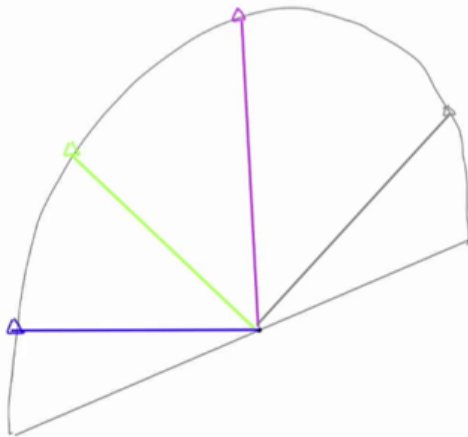
résumé

8m 25s





- configurations singulières



- toujours plus rares avec davantage de satellites!

Simplement, on a trois coordonnées inconnues plus une erreur d'horloge donc quatre inconnues et il faut observer quatre satellites au minimum. Bien sûr pour une solution précise, il faut éviter certaines configurations : typiquement que les satellites soient dans un même plan.

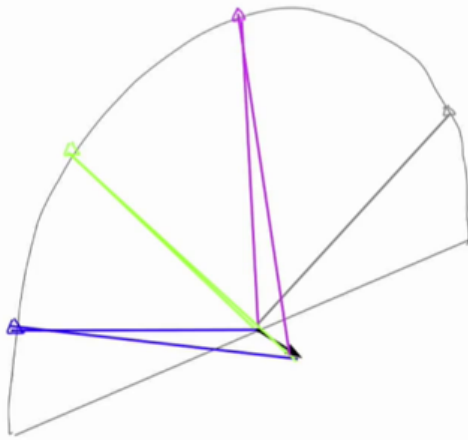
notes

résumé

10m 13s



- configurations singulières



- toujours plus rares avec davantage de satellites!

Éléments de géomatique

15

C'est assez évident pour un plan méridien : la solution est bien définie dans le plan mais pas en dehors. Un décalage de la solution en dehors du plan correspond au même décalage de chaque pseudo-distance.

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

---

---

---

---

---

---

---

---

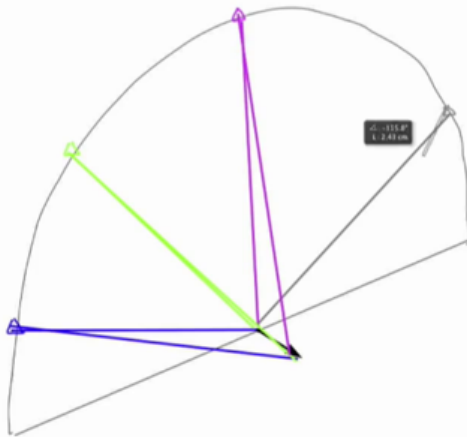
---

---

10m 31s



- configurations singulières



- toujours plus rares avec davantage de satellites!

en l'occurrence un même allongement

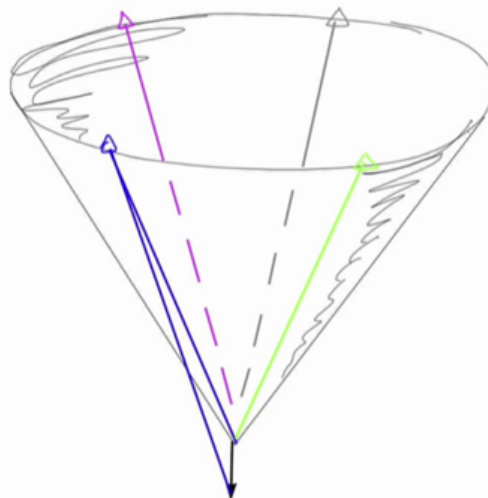
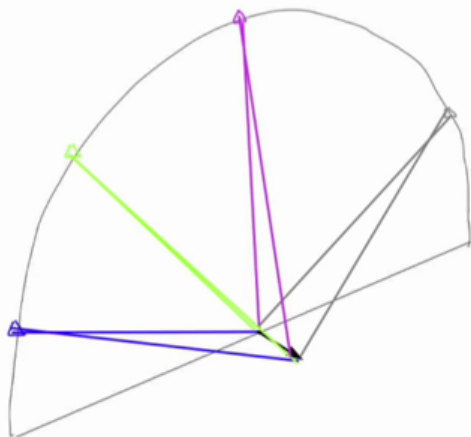
notes

résumé

11m 1s



- configurations singulières



- toujours plus rares avec davantage de satellites!

Éléments de géomatique

15

C'est dire que le déplacement transversal est entièrement corrélé avec l'erreur d'horloge. Simultanément on ne peut pas déterminer les deux. C'est pourquoi dans un canyon urbain il arrive que la position trouvée se situe plutôt dans une rue parallèle. Si la solution forme un cône avec les satellites, un déplacement le long de l'axe du cône correspond au même biais de chaque pseudo-distance. La position, le long de l'axe du cône, est entièrement corrélée avec l'erreur d'horloge.

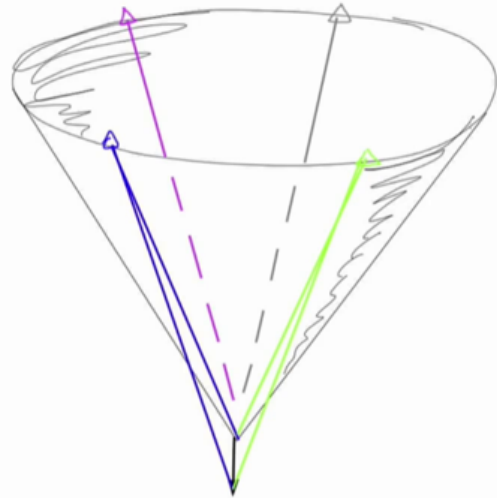
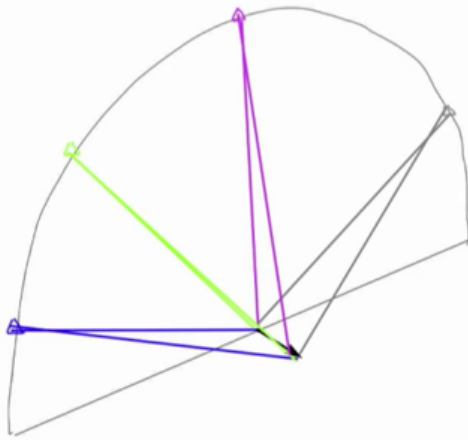
notes

résumé

11m 2s



- configurations singulières



- toujours plus rares avec davantage de satellites!

Éléments de géomatique

15

En l'occurrence, l'altitude et l'erreur d'horloge sont indissociables. On ne peut pas les résoudre simultanément.

notes

résumé

11m 49s





C'est pareil pour les deux autres pseudo-distances. Quatre satellites à la même hauteur sur l'horizon donnent une bonne position sur la carte mais une très mauvaise altitude. Ce n'est pas critique si l'on navigue en mer. En montagne, où l'on capte moins de satellites, mieux vaut disposer d'un altimètre.

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

12m 2s



---

---

---

---

---

---

---

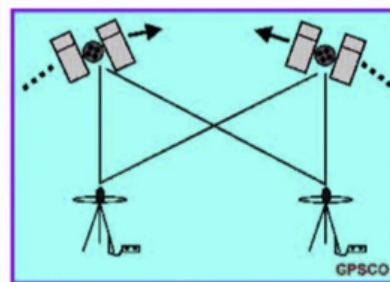
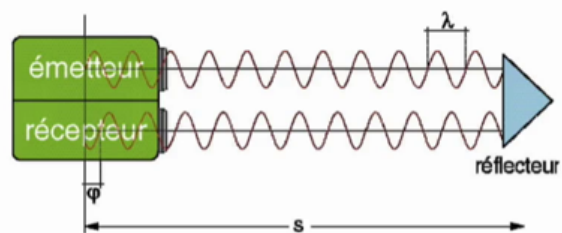
---

---

---

# Localisation par satellites

- Les applications précises reposent sur les mesures de phase de l'onde porteuse.
- Ces techniques seront couvertes dans d'autres enseignements.



Ce qui précède est valable pour l'usage classique du GPS avec des mesures de code pour une précision de quelques mètres

notes

résumé

12m 21s





but not completely!

- Selon le problème et l'environnement, la localisation par satellites n'est pas adéquate.
- Souvent on combine les techniques satellitaires et terrestres.



Eléments de géomatique 17

Pour obtenir une précision de l'ordre du centimètre on utilise les mesures de phase dont l'interprétation géométrique est nettement plus compliquée Certains principes demeurent, notamment que les mesures seront unidirectionnelles Ces applications feront l'objet d'enseignements optionnels au bachelor et surtout au master

notes

résumé

12m 30s





*Merci d'avoir suivi cette  
introduction*

*et belle découverte avec  
les autres supports de cet  
enseignement.*



Les satellites ont révolutionné la localisation. Désormais les méthodes terrestres antérieures sont appliquées sur des zones moins étendues mais elles ne vont pas disparaître. Dans le cas contraire, elles seraient enseignées dans le cadre d'un cours d'histoire des sciences et non dans un cours d'introduction à la géomatique. Et voilà, je vous souhaite beaucoup de plaisir à apprivoiser ce domaine en pleine ébullition à l'aide des autres supports proposés dans le cadre de cet enseignement dans le cadre de cet enseignement.

notes

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

résumé

12m 56s



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---