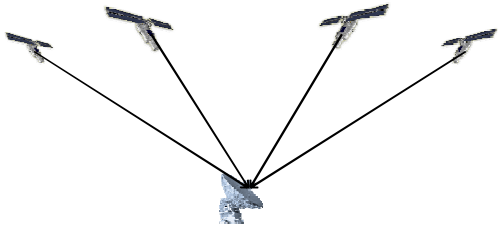
Partie 3

Concepts de base du GPS/GNSS



Fondements de base en GPS et GNSS

A la fin de cette partie, vous serez capable de comprendre :

- Le principe du GPS et GNSS
- Les conditions d'une position précise par GPS
- Les erreurs affectant la précision du GPS

Définition des termes

- **GNSS: G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem
  - Terme générique de toutes les constellations de navigation par satellite
- **GPS** : Global **P**ositioning **S**ystem
  - Système de positionnement Américain
- **GLONASS: GLO**bal **NA**vigation **S**atellite **S**ystem
  - Système de positionnement Russe
- **GALILEO:** Système de positionnement Européen

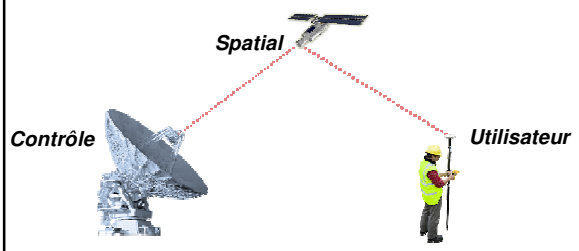
Le programme GNSS

	Country	Number of Satellites	Civil usage	Accuracy
GPS		31	2000*	5 – 15 m
GLONASS		30(24 in orbit)	2007	14
Galileo		30 (4 in orbit)	2014>	1
Compass		35=30 SV/3 orbits+ 5 Geostationary (14 in orbit)	2009	10
IRNSS		7	2007	20
QZSS		3	2010 2013	30

Situation en octobre 2012 *Lemmens, M (2012) in GIM Int. No.10, V.26*

Segment du système GPS

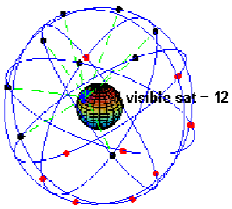
Il existe 3 segments



Segments du système GPS

Segment spatial

- **Constellation:** 24 satellites
- **Altitude:** 20,200km
- ***Période :*** 12 heures
- **6 plans d'orbites (55°/equateur)**
- ***4 SV Minimum en chaque point***

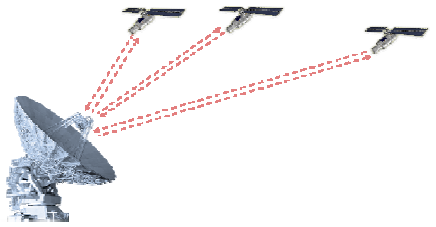


Satellites GPS visibles à une Latitude de 45°N
Noir = Satellites visibles,
Rouge = Satellites non visibles,
Vert = Lignes d'intervisibilité
Graphique (ConstellationsGPS.gif) à partir de Wikimedia Commons (commons.wikimedia.org)

Segments du système GPS

Segment de Contrôle

- Contrôle et le suivi des orbites des sattelites
- Reçoit les Informations, les traite et les transmet



Segments du système GPS

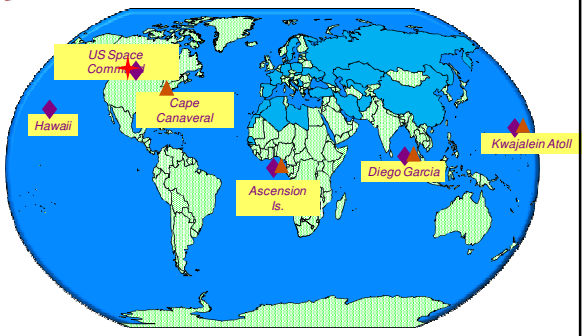
Segment de Contrôle

- *Segment de contrôle*
  - ✓ *Suivi et contrôle du système GPS en continue*
  - ✓ *Programme des positions des satellites*
  - ✓ *Mise à jour des messages de navigation*
  - ✓ *Formé: station maîtresse + 4 stations de suivi*

- ***1 Station Maîtresse:*** *Colorado Spring*
- ***4 Stations de Suivi:*** ***Îles*** *de* ***Hawaii, Ascension, Diego Garcia, kwajalein***

Segments du système GPS

Segment de Contrôle



Segment du système GPS

Segment utilisateur

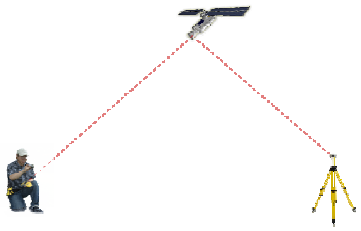
Multiples Applications

- Collecte des données SIG
- Suivi des Véhicules (Tracking)
- Navigation Maritime / Aérienne / terrestre
- Topographie
- Services de secourisme: urgences
- Aviation
- Photogrammétrie
- Cartographie
- ……

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Pour quoi le GNSS en cartographie ?

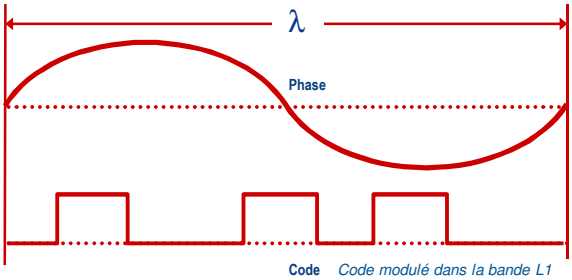
- Remède aux méthodes conventionnelles: lignes de visées non exigées
- Localisation précise et rapide



SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Structure du signal GPS

Mono fréquence sur une bande L1 de longueur d'onde 19 cm
Bi-fréquence avec des longueurs d'onde L1 & L2 telle que L2 a une longueur de 24 cm

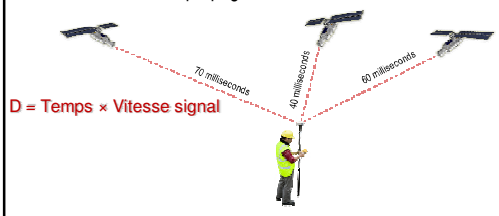


SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Principe de détermination

Détermination de la distance: utilisateur & satellite

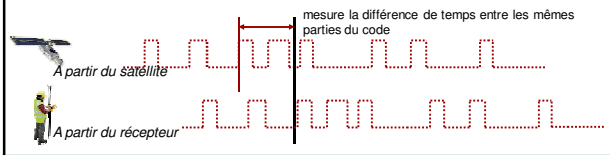
- Mesure du temps de propagation du signal radio
- La vitesse de propagation est celle de la lumière



D = Temps × Vitesse signal

Principe de détermination

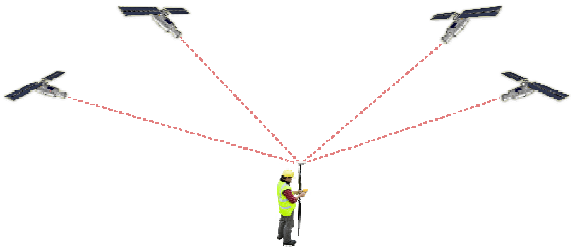
- Chaque satellite transmet un code propre à lui
- Le récepteur génère un autre signal du même code au moment de réception du signal satellite
- Le récepteur compare le code généré au code reçu pour déterminer le temps.
- Ce calcul permet de déterminer la distance entre les satellites et les récepteurs



Principe de détermination

Principe de Trilatération

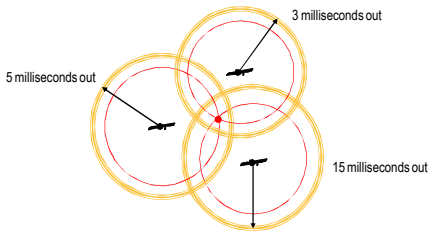
- Les 3 satellites GPS donnent des mesures approximatives
- Le 4ème satellite est utilisé pour contrôle



Principe de détermination

Retard d'horloge

Les trois sphères ne vont pas s'intersecter exactement



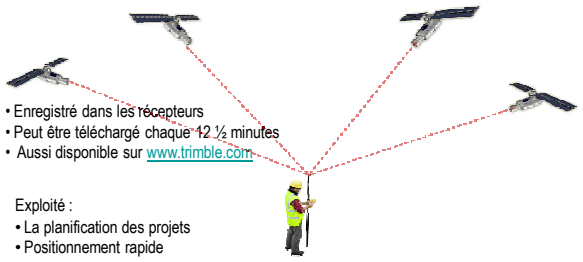
Besoin d'un 4ème satellite pour éliminer l'écart d'horloge

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Information du signal satellite

Almanac

Informe sur la position des satellites dans l'espace



- Enregistré dans les récepteurs
- Peut être téléchargé chaque 12 ½ minutes
- Aussi disponible sur www.trimble.com

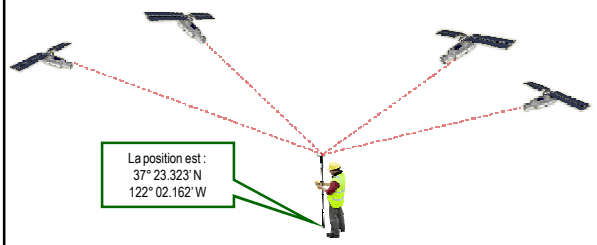
Exploité :
- La planification des projets
- Positionnement rapide

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Information du signal satellite

Ephémérides

- Transmis dans le signal GPS
- Information exacte sur l'orbite des satellites
- Nécessaire pour calculer la distance au satellite

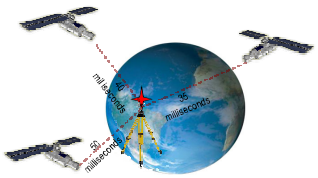


SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Principe de positionnement

Résumé

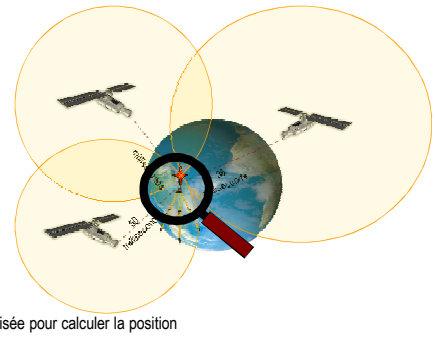
Récepteur au sol intersecté par 3 signaux de 3 satellites



SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Principe de positionnement

Résumé



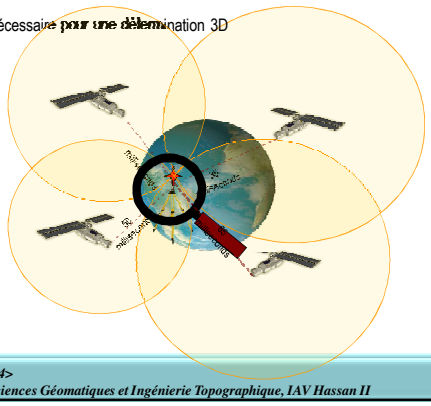
Trilatération utilisée pour calculer la position

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Principe de positionnement

Résumé

Le 4ème satellite nécessaire pour une détermination 3D



SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

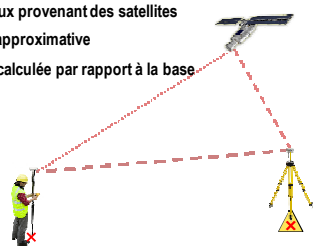
Référentiel des coordonnées du GPS

- *Référentiel du GPS*
  - ***Ellipsoïde*: WGS84** *World Geodetic System 1984*
  - ***Développé*: DoD et DMA** *en 1987 en exploitant le système Transit*
  - ***Plusieurs versions*:**
    - *WGS84 (G730) : 29 juin 1994*
    - *WGS84 (G873) : 29 janvier 1997*
    - ***WGS84 (G1150) :20 janvier 2002: Version Actuelle***
      - ***a=6378137.0***
      - ***e^2= 0.00669437999014***
      - ***1/f = 298.257223563***

Modes de positionnement

Mode différentiel

- Au moins 2 récepteurs : une base + un mobile
- recevant les mêmes signaux provenant des satellites
- Ils calculent une position approximative
- La position du mobile est calculée par rapport à la base



Sources d'erreurs dans le GPS

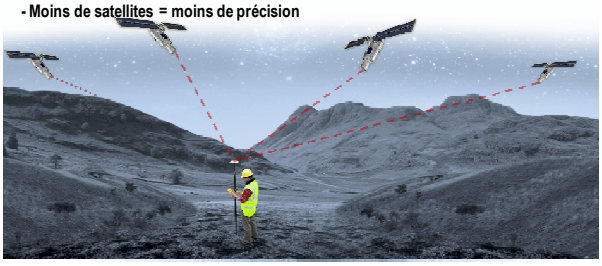
- Obstructions
- Le multi-trajet
- Retard Atmosphérique

Sources d'erreurs dans le GPS

Obstructions

Les signaux GPS ne peuvent pas traverser des structures physiques: arbre, mure canopés, sommets de montagnes, ...

- Moins de satellites = moins de précision

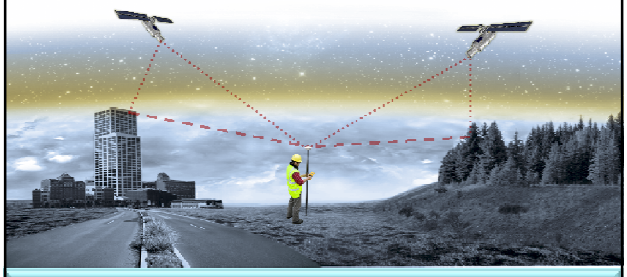


SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Sources d'erreurs dans le GPS

Le multi-trajet

- les trajets multiples suivi par le signal GPS refléchi par des surfaces refléchissantes
- Positionnement erroné

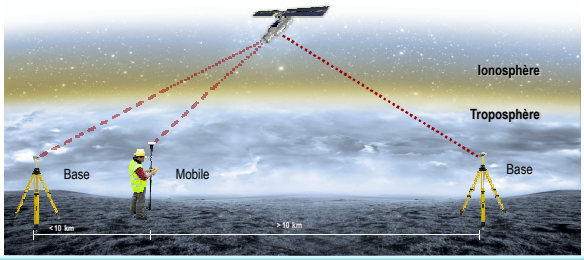


SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Sources d'erreurs dans le GPS

Le retard atmosphérique

- Le signal est retardé en traversant les couches ionosphériques et troposphériques



SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Précision horizontal

Positionnement absolue (Autonome) ~10 m

Positionnement en temps réel <1m – 5 m

Différentiel en Post-traitement (code+phase) 0.5 – 5 m

Temps Réel H-Star et Post-Traitement 0.1 – 0.3 m

Différentiel en Post-Traitement de la phase 0.01 – 0.3 m

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Précision vertical

Code Phase:
- 2 à 3 fois plus mauvaise que
- la précision horizontale

H-Star:
Presque égale au décimètre ou bien 1.5 fois la précision horizontale

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Signification des termes

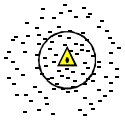
- ***Résiduel:*** (v_i)
  - *Avec :* $v_i = x_i - \bar{x}$
- ***Variance, Déviation Standard, Erreur Standard:***
  - *On calcule la moyenne des valeurs individuelles (xi) d'une variable (x)*
  - *On calcule les résiduels associés à cette moyenne* $v_i = x_i - \bar{x}$
  - *On calcule les carrés des résiduels:* $v^2_i = v_i * v_i$
  - *Variance:* $\sigma^2 = \frac{\sum v_i^2}{n-1}$
  - *Déviation Standard :* $\sigma = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$ *l'erreur standard est :* $\sigma_\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Circular Error Probability

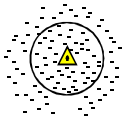
CEP



50%

Erreur Moyenne Quadratique
Déviation Standard
Ecart-type
=
Root Mean Square

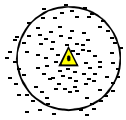
RMS = EMQ



63-68%

2d Root Mean Square

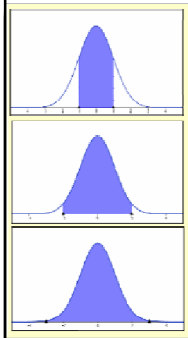
2dRMS



95%:- 99.7%:

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement



– à 68 % : [- 1 , 1]

Niveau de confiance égale à 68%
=
1 segma

– à 95 % : [- 2 , 2]

Niveau de confiance égale à 95%
=
2 segma

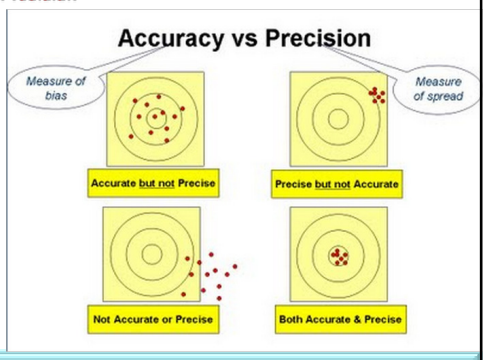
– à 99,7 % : [- 3 , 3]

Niveau de confiance égale à 99.7%
=
3 segma

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Exactitude VS Précision



SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Précision de positionnement

Bilan d'erreurs du GPS

Source d'erreurs	Positionnement absolu L1 & Code (1-sigma)	GPS différentiel (1-sigma / HRMS)
Horloge Satellite	1.5	0
Erreur d'Orbite	2.5	0
Ionosphère	5.0	0.4
Troposphère	0.5	0.2
Bruit récepteur	0.3	0.3
Multi-trajet	0.6	0.6
Total	10.4 m	1.5 m

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Planification d'un projet GPS

Reconnaissance du Terrain

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Planification d'un projet GPS

Reconnaissance du Terrain

- Identifier la nature des détails à lever

Types de détails
- Ponctuels
- Linéaire
- Zonaux

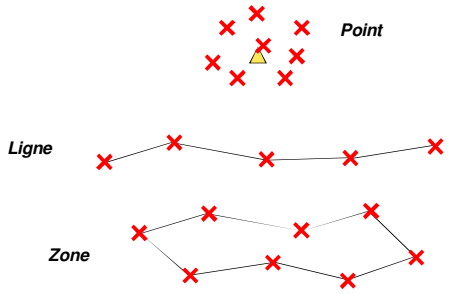
Attributs
- Textuels,
- Numériques,
- Date,
- Temps,

Symbologie

SIG & GPS <janvier 14>
Pr. Moha El-Ayachi, Sciences Géomatiques et Ingénierie Topographique, IAV Hassan II

Planification d'un projet GPS

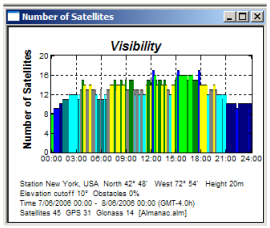
Reconnaissance du Terrain

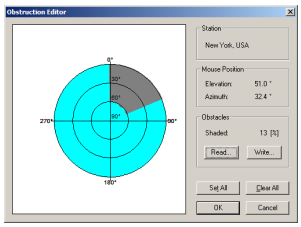


Planification d'un projet GPS

Programme d'observation

- *Exploiter les logiciels de planifications existants en ligne:*
  - *Quicke Plan de Trimble:* http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/#/Settings
  - Web Mission Planning: http://www.spectraprecision.com/support/gnss-planning/





Questions

1. Définir le GPS
2. Quelles sont ses composantes?
3. Pour quoi on a besoin du GPS ?
4. Quels sont les 4 facteurs qui influencent le positionnement par GPS?
5. Quelle est la différence entre Almanac et Ephéméride?
6. Comment le récepteur mesure sa distance avec le satellite