

## Positionnement statique par GPS aide mémoire

Marie-Noëlle Bouin  
IGN/LAREG

## Obtenir des résultats (positions, vitesses) par GPS

- Plan
  - Exemples : qqes résultats
  - Acquisition des observations
  - Les observations : quelles informations ?
  - Calcul GPS
  - Mise en référence et vitesses ⇨ Voir le 29/08

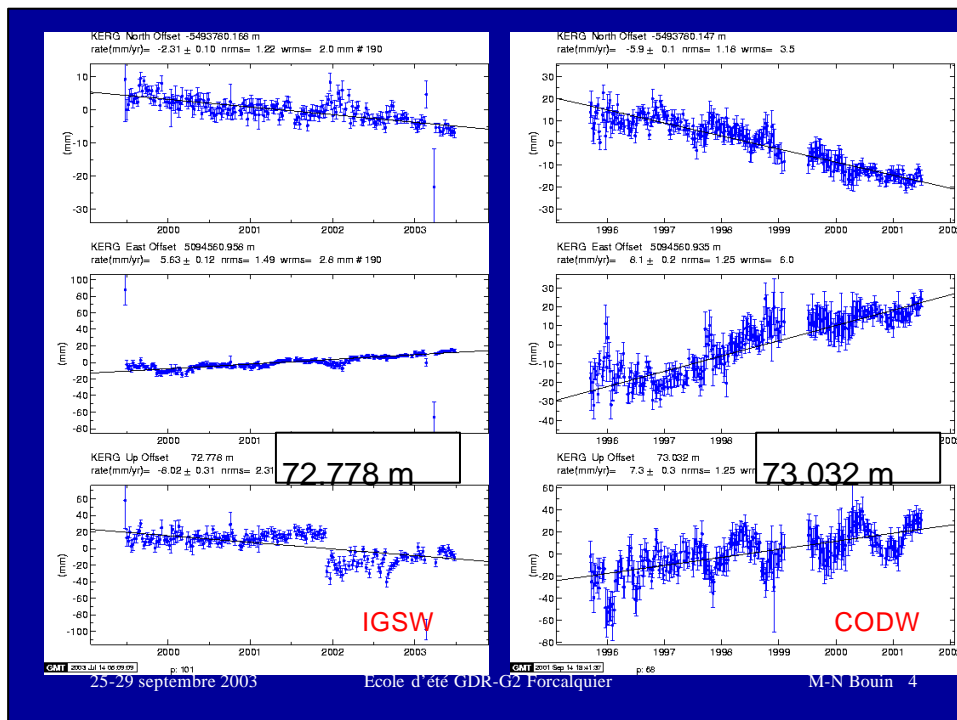
## Exemples : Kerguelen, calculs IGS

- <http://bowie.mit.edu/~fresh/index2.html> (T Herring)
- Données IGS permanentes depuis 1993
- Calculs en réseaux globaux (\*)
- Vitesses verticales :
  - CODE 7.3 +/- 0.3 mm/an (Berne, 1995-2001)
  - JPL 2.3 +/- 0.2 mm/an (GIPSY, 1995-2001)
  - SIO D 11.3 +/- 0.6 mm/an (GAMIT, 1996-1999)
  - SIO W 5.4 +/- 0.5 mm/an (GAMIT, 1996-2001)
  - ITRF2000 4.9 +/- 0.2 mm/an 1993-2000
  - \* IGN 3.7 +/- 0.8 mm/an (GAMIT, 1995-2002)
  - GFZ 10.6 +/- 0.7 mm/an (autre, 1995-2001)
- Voir aussi Nerem, 2003, Proceedings du Workshop ECGS, The State of GPS Vertical Positioning Precision: Separation of Earth Processes by Space Geodesy

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 3



25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 4

## Réseau GPS et mesures

- Installer un réseau GPS
  - géométrie
  - choix des sites : stabilité locale, monumentation, environnement
  - choix du matériel : antennes, récepteur, énergie, transfert de données, maintenance
- Mesurer un réseau GPS
  - pb de géométrie : Nb récepteurs/Nb sites

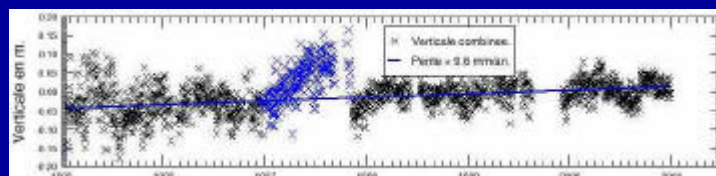
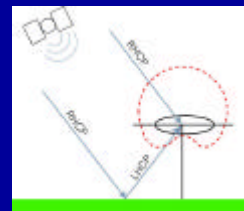
25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 5

## Site GPS et environnement.

- Monumentation
- Environnement
  - masques --> végétation changeante
  - Multitrajets
  - Orientation des antennes
- Sites permanents
  - changement de matériel (radome)
  - accès à l'information : matériel, ha, cut-off



25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 6

## Site GPS et environnement.



25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin /

## Site GPS et environnement.



25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier



## Monumentation de campagne.



25-29 septembre 2003



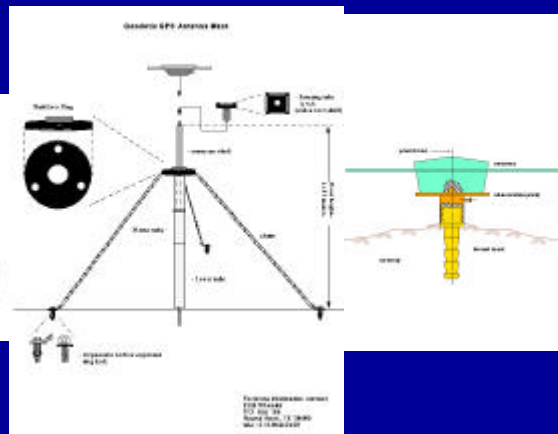
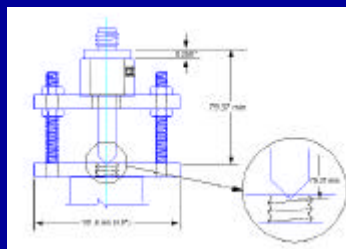
Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier



M-N Bouin 11



## Monumentation de campagne.



[http://www.unavco.ucar.edu/project\\_support/campaign/campaign.html](http://www.unavco.ucar.edu/project_support/campaign/campaign.html)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 12

## Matériel GPS.

- Sites constructeurs :
  - <http://products.thalesnavigation.com/fr/> (ashtech, DSNP)
  - <http://www.trimble.com/>
  - <http://www.javad.com/>
  - <http://www.topcon.com/home.html>
  - <http://www.leica-geosystems.com/>
  - <http://www.novatel.com/>
  - <http://www.aoa-gps.com/default.htm> (rogue)
- Tests de matériel (récepteurs, antennes, consommation électrique) sur
  - <http://www.unavco.ucar.edu/>
  - [http://www.unavco.ucar.edu/project\\_support/permanent/equipment/equipment.html](http://www.unavco.ucar.edu/project_support/permanent/equipment/equipment.html)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 13

## Matériel GPS (suite).

- Antennes Dorne Margolin C/R
- Antennes Zephyr Trimble
- Modèles de var de centre de phase (PCV) sur [http://www.unavco.ucar.edu/science\\_tech/dev\\_test/antennas/antcals.html](http://www.unavco.ucar.edu/science_tech/dev_test/antennas/antcals.html)
- Récepteurs
  - 12 canaux
  - stabilité des horloges
  - paramètres d'enregistrement (CO, cf Fang et al 1998 ...Rogue)
  - consommation : de 2,5 à 10 W
  - programmation et automatisation
  - extraction des données : internet ou carte mémoire



25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 14



Receiver	Antenna	Power Source	Average Power	
• Trimble 4000SSE	Trimble Choke Ring	AC	10.38W	X
Trimble 4000SSI	Trimble Choke Ring	AC	9.77W	X
Trimble 4700	Trimble Choke Ring	AC	4.59W	X
Trimble 4700	Trimble Choke Ring	Battery	4.52W	X
Trimble 4700	Trimble Choke Ring	DC-DC Converter	4.58W	X
Trimble 4700	Trimble Microcentered	AC	4.20W	X
Trimble 4700	Trimble Microcentered	Battery	4.40W	X
Trimble 4700	Trimble Microcentered	DC-DC Converter	4.57W	X
Trimble 5700	Trimble Choke Ring	AC	3.30W	X
Trimble 5700	Trimble Choke Ring	DC-DC Converter	3.09W	X
Trimble 5700	Trimble Microcentered	AC	2.60W	X
Trimble 5700	Trimble Microcentered	Battery	2.28W	X
Trimble 5700	Trimble Microcentered	DC-DC Converter	2.46W	X
Trimble 5700	Trimble Zephyr	AC	2.83W	X
Trimble 5700	Trimble Zephyr	Battery	2.66W	X
Ashtech MircoZ	Ashtech Choke Ring	AC	7.75W	X
Ashtech MircoZ w/ TCP/IP	Ashtech Choke Ring	AC	8.13W	X
Ashtech Z-12	Ashtech Choke Ring	AC	12.00W	X
Topcon Legacy	Topcon Legacy	AC	1.94W	X
Topcon Odyssey E	Ashtech Choke Ring	AC	3.92W	X

25-29 septembre 2003      Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier      M-N Bouin 15

## Extraction des données GPS et préparation.

- Logiciels constructeurs, changement de format et vérification des données (DOS ou Windows)
- Traduction formats récepteurs --> RINEX et vérification/manipulation de RINEX, logiciel teqc <http://www.unavco.ucar.edu/software/teqc/teqc.html> avec la doc. **tous OS**
- Format RINEX site **DDD0.YY0** minuscules ou majuscules
 

ker91920.03o

↑   ↑   ↑   ↑

Acronyme, 4 car    Jour GPS, 3 car    Session, à incrémenter

Année, 2 car

25-29 septembre 2003      Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier      M-N Bouin 16



## Format RINEX

- Acronyme = désignation unique ds traitement GPS (**pas** en dehors du GPS) -- > **DOMES**

- Compression Hatanaka : logiciel à télécharger sur sites IGS ( igs.ensg.ign.fr sur /pub/igs/scb/software/rnxcmp) **tous OS**

RINEX obs --> CRINEX --> z-compressed CRINEX

????????.??o --> ?????????.??d --> ?????????.??d.Z (UNIX)

????????.??O --> ?????????.??D --> ?????????.??E (DOS)

%%%%%%%%%.%O --> %%%%%%%%%%.%D --> %%%%%%%%%%.%D\_Z (VMS)

## Format RINEX

```

2          OBSERVATION DATA          rinox
          M (MIXED)
BLANK OR G = GPS, R = GLONASS, T = TRANSIT, M = MIXED
XXRINEXO V9.9          AIUB          12-SEP-90 12:43
EXAMPLE OF A MIXED RINEX FILE
A 9080
9080.1.34
BILL SMITH          ABC INSTITUTE          ZZZ
X1234A123          XX
234          YY
4375274.          587466.          4589095.
1          .9030          .0000          .0000
1          1          2          6          G14          G15          G16          G17          G18          G19
1          2          6          L1          L2          P2
18          P1
1990          3          24          13          10          36.000000
90          24          13          10          36.000000          0          26126          96          6
23629347.915          .300          8          -.353          23629364.158
20891534.648          .120          9          -.358          20891541.292
20607600.189          .430          9          .394          20607605.848
90          3          24          13          10          50.000000          3
  
```

Nom du site

Acronyme

type antenne et  
récepteur

Hauteur  
d'antenne  
verticale

PR L1

Phase L1

Phase L2

PR L2

## Données GPS stations permanentes.

- Données RINEX et infos sur
  - IGS  
<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>  
[ftp igs.ensg.ign.fr/pub/igs/data](ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/data)  
[ftp garner.ucsd.edu/pub/rinex](ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex)  
[ftp cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/gpsdata/](ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/gpsdata/)
  - EUREF  
<http://www.epncb.oma.be/>  
[ftp igs.ifag.de](ftp://igs.ifag.de)
  - RGP  
<http://lareg.ensg.ign.fr/RGP/index.html>  
[ftp lareg.ensg.ign.fr/pub/rgp](ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/rgp) ou [rgp2](ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/rgp2)
- Stations IGS ou stations permanentes : informations dans le [site.log](#)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 19

- Liste des stations + infos  
<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/network/list.html>
- Format  
[ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog\\_instr.txt](ftp://igs.cb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt)

```
KERG Site Information Form
International GPS Service

0. Form
   Prepared by (full name) : Louis Duquesne
   Date Prepared          : 2002-05-29

1. Site Identification of the GNSS Monument
   Site Name              : Kerguelen Islands
   Four Character ID      : KERG
   Monument Inscription   : None (IGNF brass mark RBGM)
   IERS DOMES Number      : 91201M002
   CDP Number             : (A4)
   Monument Description   : STEEL MAST
   Height of the Monument : (m)
   Monument Foundation    : CONCRETE BLOCK
   Foundation Depth       : (m)

2. Site Location Information
   City or Town           : Port aux Francais
   Country                 : Kerguelen Islands
   Tectonic Plate          : Antartica
   Approximate Position (ITRF)
   X coordinate (m)       : 1406339.6338
   Y coordinate (m)       : 3918164.5314
   Z coordinate (m)       : -4816157.3277
   Latitude (N is +)      : -492105.40
   Longitude (E is +)     : +0701519.80
   Elevation (m,ellips.)  : 74.0583
```

Coordonnées  
approchées

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 20

```

3. GNSS Receiver Information
3.3 Receiver Type      : TRIMBLE 4000SSI
    Satellite System  : GPS
    Serial Number     : 4046A30157
    Firmware Version  : 7.29
    Elevation Cutoff Setting : (deg)
    Date Installed    : 2001-05-11T05:00Z
    Date Removed      : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)

4. GNSS Antenna Information
4.2 Antenna Type      : TRM29659.00
    Serial Number     : 0220139608
    Antenna Reference Point : BPA
    Marker->ARP Up Ecc (m) : 0.420
    Marker->ARP North Ecc(m) : 000.0000
    Marker->ARP East Ecc(m) : 000.0000
    Alignment from True N :
    Antenna Radome Type :
    Radome Serial Number :

```

Type de récepteur

Type d'antenne

<http://www.epncb.oma.be/stationlist.html>

pour un outil d'extraction d'infos sur les stations EUREF

<http://sopac.ucsd.edu/dataArchive/> idem IGS

<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SITE.cgi>

<http://sopac.ucsd.edu/scripts/NearbyData.cgi>

pour chercher les stations les plus proches d'un point,  
avec disponibilité des données

<http://sopac.ucsd.edu/scripts/dbLocateSite.cgi> pour situer un site

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 21

## Traitement GPS (1).

- Logiciels scientifiques double différence
  - logiciel de Berne (Bernese/ADDNEQ, payant)  
[http://www.unavco.ucar.edu/software/processing/bernese/soft\\_support.html](http://www.unavco.ucar.edu/software/processing/bernese/soft_support.html) pour renseignements et documentation/support de cours
  - <http://www.aiub.unibe.ch/bernese.html> pour la version complète de la doc
  - Logiciel du MIT (GAMIT/GLOBK, gratuit pour les universitaires)  
<http://bowie.mit.edu> pour le téléchargement et la documentation
  - cours complet disponible sur  
<http://bowie.mit.edu/~tah/IndianGPSCourse/>
- Logiciels scientifiques « point positioning »
  - Logiciel du JPL (GIPSY, gratuit pour les universitaires si formation)  
[http://www.unavco.ucar.edu/software/processing/gipsy/gipsy\\_info.html](http://www.unavco.ucar.edu/software/processing/gipsy/gipsy_info.html)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 22

## Traitement GPS (2).

- Données : fichiers RINEX
- Orbites
  - format sp3 tabulé X Y Z toutes les 15 minutes, repère terrestre IGS00 (~ITRF2000) (--> passage repère inertiel)
  - [ftp igs.ensg.ign.fr /pub/igs/products/GPSW/](ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/GPSW/)
  - IGS précises (2cm) ~13 jours igsGPSWD.sp3
  - IGS rapides (5cm) 17 heures igrGPSWD.sp3
  - IGS ultrarapides prédites (25 cm) temps réel iguGPSWD.sp3
  - fichiers de résumé igsGPSWD.sum avec éclipses et problèmes
  - prédites (« broadcast ») fichiers de navigation
  - **rappel** : imprécision = bsl X précision orbites / 20 000 (ex : IGS précises sur 1000 km = 1mm)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 23

## Traitement GPS (3).

- Fichiers de navigation (identiques/stations)
  - corrections d'horloges satellites (sp3 aussi sauf fichiers anciens)
  - [ftp igs](ftp://igs.garner.ucsd.edu/pub/global/YYYY/DDD) ou [ftp garner.ucsd.edu /pub/global/YYYY/DDD](ftp://garner.ucsd.edu/pub/global/YYYY/DDD) pour epggaY.DDD
- Fichiers généraux (éphémérides solaires, lunaires, nutation, mvt du pôle et UT1, sauts de secondes, tables d'antennes...) [ftp igs](ftp://igs)
- Coordonnées approchées des stations. ITRF2000 ou calcul pseudo-distances (qq m)  
<http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/sector.cgi> pour coordonnées à ~10 cm
- Information sur les obs : hauteur d'antenne, type antenne et récepteur, version soft --> site.log

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 24

## Traitement GPS (4).

- Calcul en réseau
- Système d'équations
  - équations d'observations ( $s_F$ )
  - équations de contraintes ( $s_c$ )
- Inversion moindres carrés = CPU, bcp de paramètres = mémoire => 4h pour 50 stations, session 24h
- système de référence du calcul
  - inconnu, variable
  - dépend des orbites (IGS--> IGS00), des coordonnées a priori, de la géométrie du réseau, des contraintes, des paramètres....et des observations !

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 25

## Traitement GPS (5) : mise en référence.

- Système de référence du calcul (suite)
  - On peut le « fixer » avec des contraintes  $s_c$  serrées mais on perd l'info des éq d'observations
  - $s_c$  peu serrées (ajustements,  $> s_F$ ) et bonne géométrie de réseau
  - attention à l'ajustement des paramètres autres que les positions
- Mise en référence
  - Format d'échange SINEX (positions, vitesses, EOP, tropo, orbites)
  - Passage à un système de référence unique et connu (ITRF2000) CATREF, ADDNEQ, GLOBK
  - Applications de contraintes
  - Utilisation de toute l'information disponible (covariances)
  - Plusieurs réseaux : orbites, EOP, tropo communs

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 26