



## Positionnement statique par GPS aide mémoire

Marie-Noëlle Bouin  
IGN/LAREG

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 1

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

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

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 2

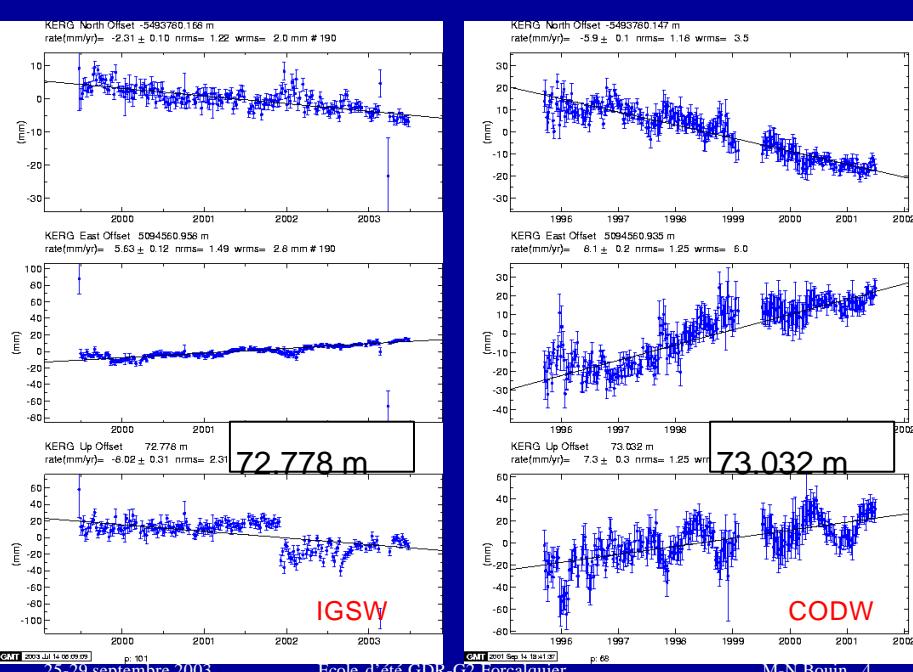
## Exemples : Kerguelen, calculs IGS

- <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



## 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

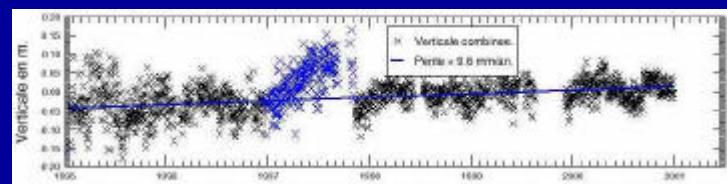
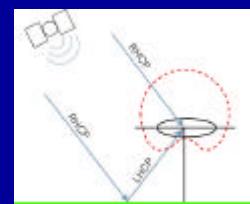
25-29 septembre 2003

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

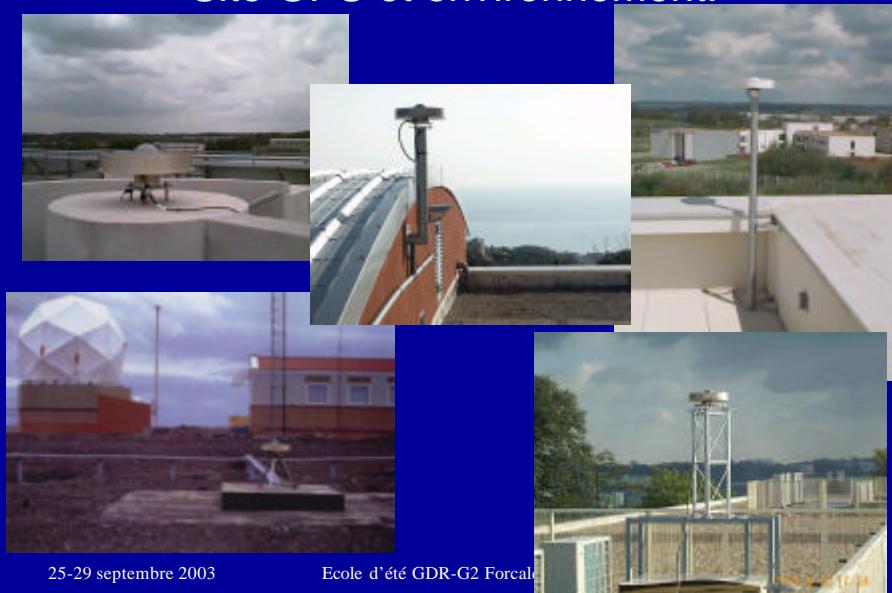
Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 6

## Site GPS et environnement.



## Site GPS et environnement.



## Site GPS et environnement.



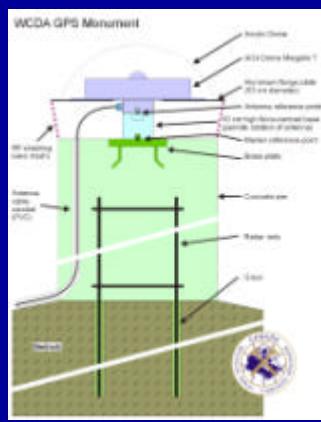
25-29 septembre 2003

Ecole d'ete GDR-G2 Forcalquier

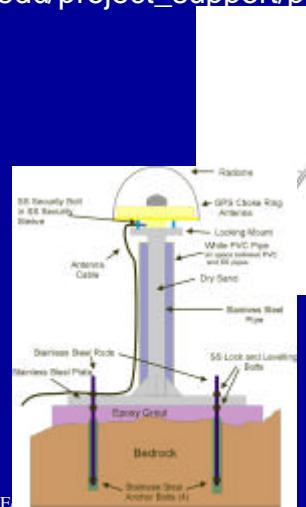
MI-IV Bouin 9

## Site GPS et environnement.

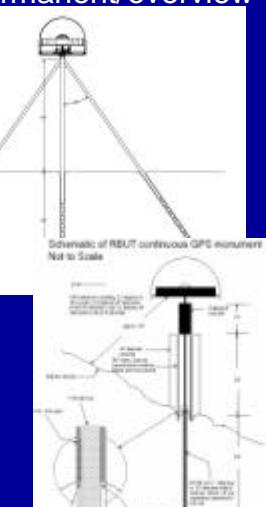
[http://www.unavco.ucar.edu/project\\_support/permanent/overview/overview.html](http://www.unavco.ucar.edu/project_support/permanent/overview/overview.html)



25-29 septembre 2003



Ecole d'ete GDR-G2 Forcalquier



## Monumentation de campagne.



25-29 septembre 2003

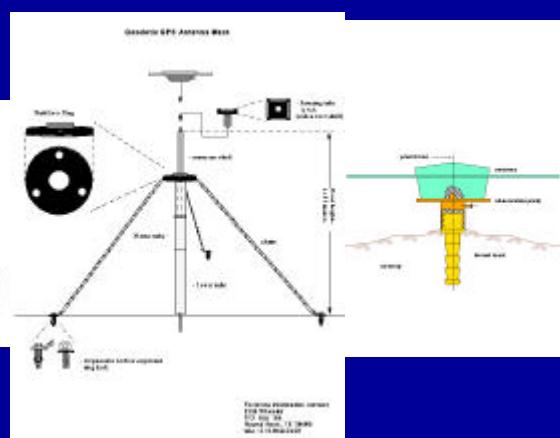
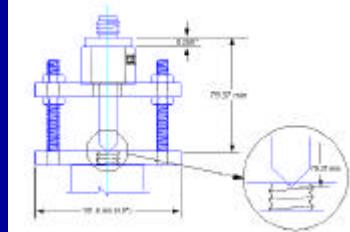


Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier



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.YY o minuscules ou majuscules  
 kerg1920.03o  
 Année, 2 car  
 Acronyme, 4 car Jour GPS, Session, à incrémenter  
 3 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](http://igs.ensg.ign.fr) sur [/pub/igscb/software/rnxcmp](http://pub/igscb/software/rnxcmp) ) tous OS

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

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

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

%%%O-->%%%D-->%%%D Z(VMS)

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 17

## Format RINEX

PR L1

## Phase L1

## Phase L2

PR L2

25-29 septembre 2003

Ecole d'été GDR-G2 Forcalquier

M-N Bouin 18

## Données GPS stations permanentes.

- Données RINEX et infos sur
  - IGS  
<http://igscb.jpl.nasa.gov/>  
<ftp://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/data>  
<ftp://garner.ucsd.edu/pub/rinex>  
<ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/gpsdata/>
  - EUREF  
<http://www.epncb.oma.be/>  
<ftp://igs.ifag.de>
  - RGP  
<http://lareg.ensg.ign.fr/RGP/index.html>  
<http://lareg.ensg.ign.fr/pub/rgp> ou [rgp2](http://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://igscb.jpl.nasa.gov/network/list.html>
- Format  
[ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog\\_instr.txt](ftp://igscb.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 DOME5 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 Français
Country	: Kerguelen Islands
Tectonic Plate	: Antarctica
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

3.3 Satellite System : GPS

3.3 Serial Number : 4046A30157

3.3 Firmware Version : 7.29

3.3 Elevation cutoff Setting : (deg)

3.3 Date Installed : 2001-05-11T05:00Z

3.3 Date Removed : (CCYY-MM-DDTh:mmz)

4. GNSS Antenna Information

4.2 Antenna Type : TRM29659.00

4.2 Serial Number : 0220139608

4.2 Antenna Reference Point : BPA

4.2 Marker->ARP Up Ecc. (m) : 0.420

4.2 Marker->ARP North Ecc(m) : 000.0000

4.2 Marker->ARP East Ecc(m) : 000.0000

4.2 Alignment from True N : :

4.2 Antenna Radome Type : :

4.2 Radome Serial Number : :

Type de récepteur

Type d 'antenne

<http://www.epnccb.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/berne/soft\\_support.html](http://www.unavco.ucar.edu/software/processing/berne/soft_support.html) pour renseignements et documentation/support de cours
  - <http://www.aiub.unibe.ch/berne.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/
  - IGS précises (2cm) ~13 jours igsGPSWD.sp3
  - IGS rapides (5cm) 17 heures igrGPSWD.sp3
  - IGS ultrarapides prédictes (25 cm) temps réel iguGPSWD.sp3
  - fichiers de résumé igsGPSWD.sum avec éclipses et problèmes
  - prédictes (« 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 ou 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
- 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