

# Applications GNSS avec GINS

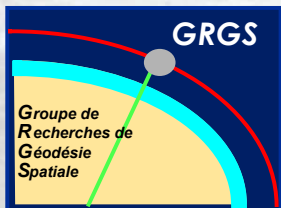
3ème Ecole d'Eté du GRGS

Méthodes et Logiciels pour la Géodésie Spatiale

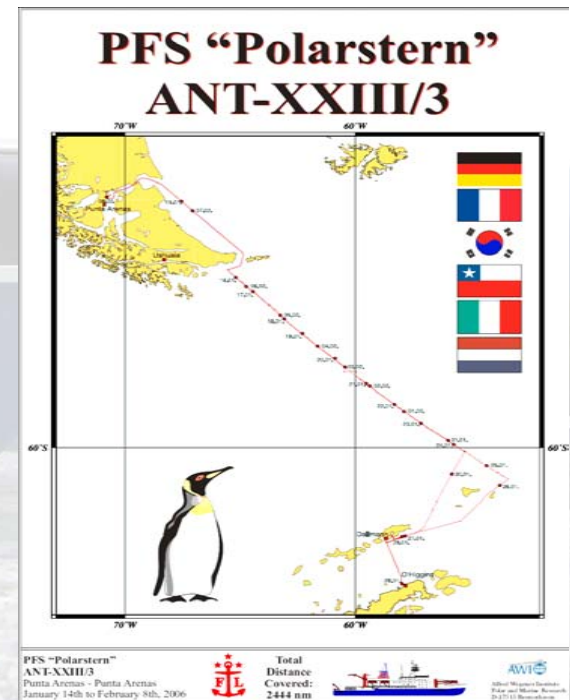
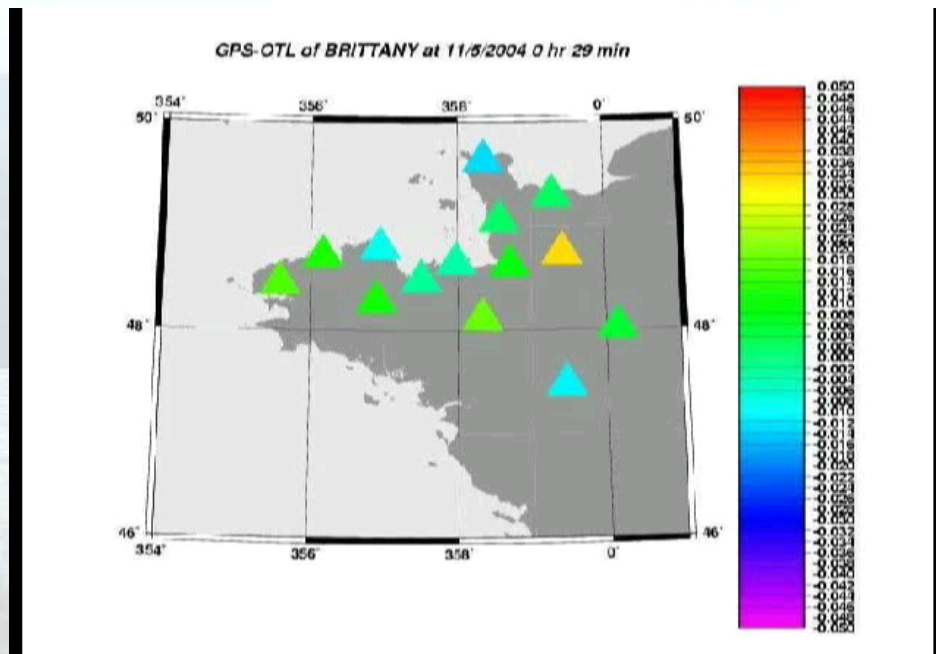
Forcalquier  
du 04/09/06  
au 08/09/06

Contacts | Accueil

1. Ligne de base simple **S. Loyer (Noveltis)**
2. Réseau géodésiques : Bretagne, passage DRAKE **S. Melachroinos (GRGS/DTP)**
3. CRC (orbitographie et positionnement) **F. Perosanz (CNES)**



# « Positionnement des réseaux géodésiques denses avec GINS : La campagne BRETANGE, la mission DRAKE »



Présenté par Stavros Melachroinos (doctorant 2eme année),  
DTP/GRGS/OBSPM, Toulouse

# Déplacements des stations : context

## ITRF: Models for time-varying displacements

- Motion of a terrestrial point modeled as (see Chapter 4):

$$X(t) = X_0 + V*(t - t_0) + \sum \delta X_i(t)$$

where

$X_0$  = “regularized” coordinates at epoch  $t_0$

$V$  = secular velocity

$\delta X_i(t)$  = “conventional corrections for high-frequency time variations (mainly geophysical)”

- $\sum \delta X_i(t)$  should explicitly include effects for solid Earth tides, ocean loading, pole tide, atmospheric loading, & geocenter motion.
- However, actual frequency range is not specified; complete models for atmospheric loading & geocenter motion are not provided in Conventions (2003).

**Cf. Petit et al.**

**Et cours Z. Altamimi**

# La surcharge océanique

## La surcharge océanique Calculée à partir d'un modèle numerique

Connaissant les fonctions de Green associées à une surcharge ponctuelle unité, l'effet d'une charge répartie à la surface sera obtenu en calculant l'intégrale de convolution de la fonction de Green et de la fonction de répartition de la masse.

$$I(\varphi, \lambda) = \rho_{\omega} \int_0^{\pi} d\varphi' \int_0^{2\pi} \alpha^2 G(\lambda, \varphi; \lambda', \varphi') A(\lambda', \varphi') d\lambda' \cos \varphi'$$

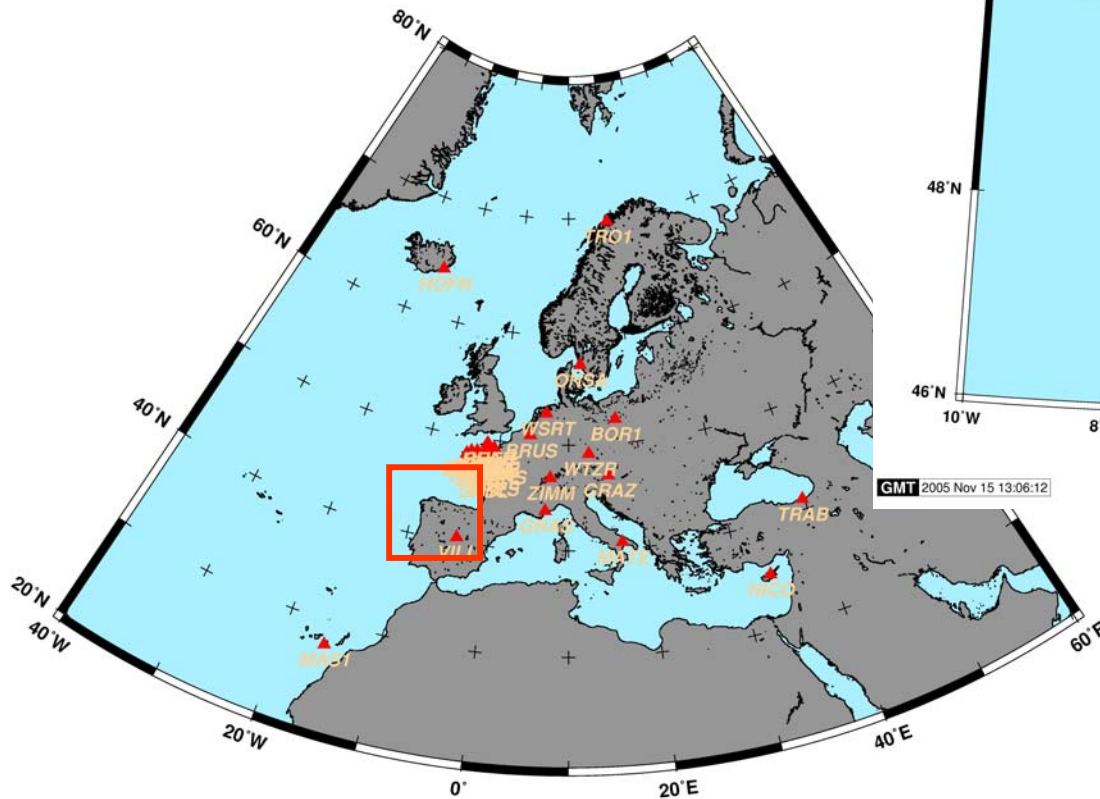
Nombres LLNs  
Modèle de Terre

Grille des marées ,  
FES.....

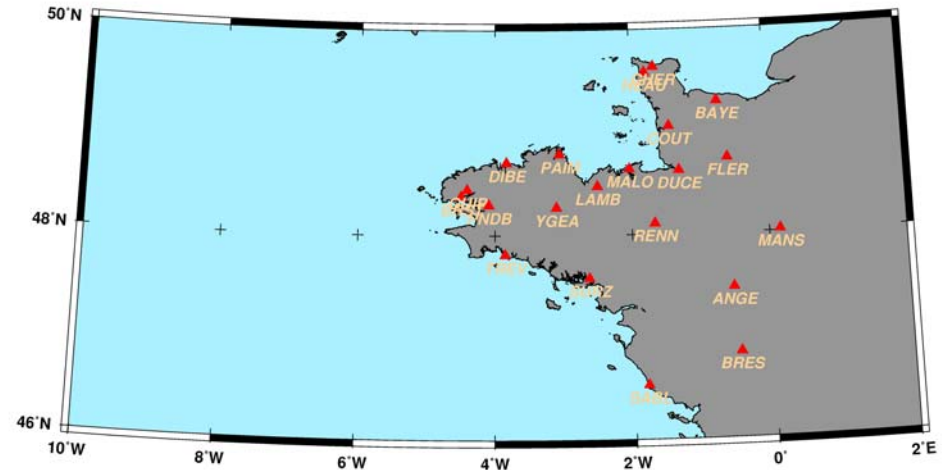
Décomposé en 2  
termes sin et cos

# Bretagne : le réseau

BRITTANY NETWORK

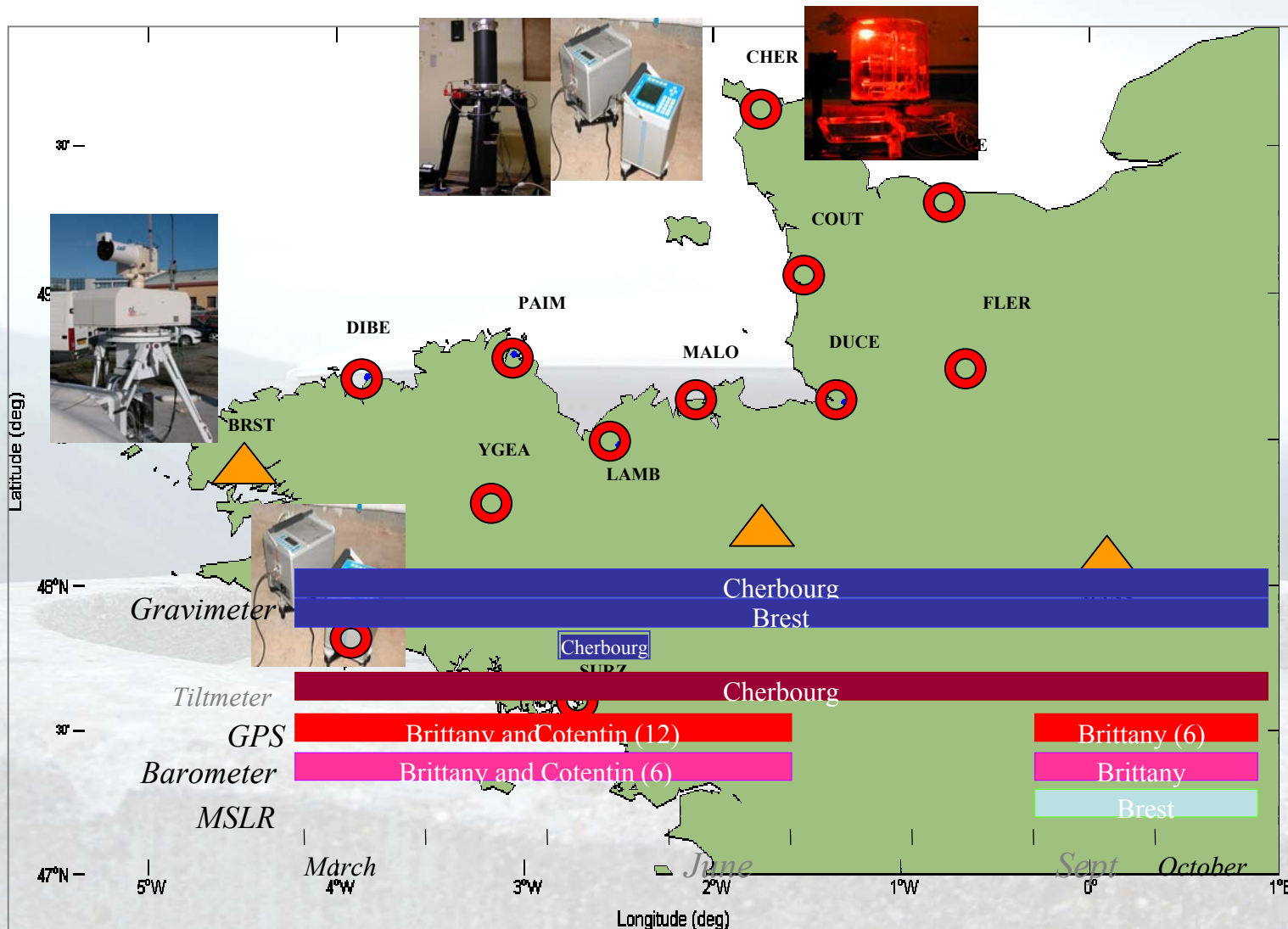


BRITTANY NETWORK



Une dizaine des stations IGS  
5 stations RGP  
12 stations de la campagne

# La campagne Bretagne : buts



# La campagne Bretagne : buts

➤ Finalisation des traitements et inter-comparaison entre 4 logiciels sur le 4 mois

GAMIT/GLOBK – GINS/DYNAMO – BERNESE – GIPSY (données fournis par le group « Surcharge »)

## Etude de la validation du/des modèle/s OTL

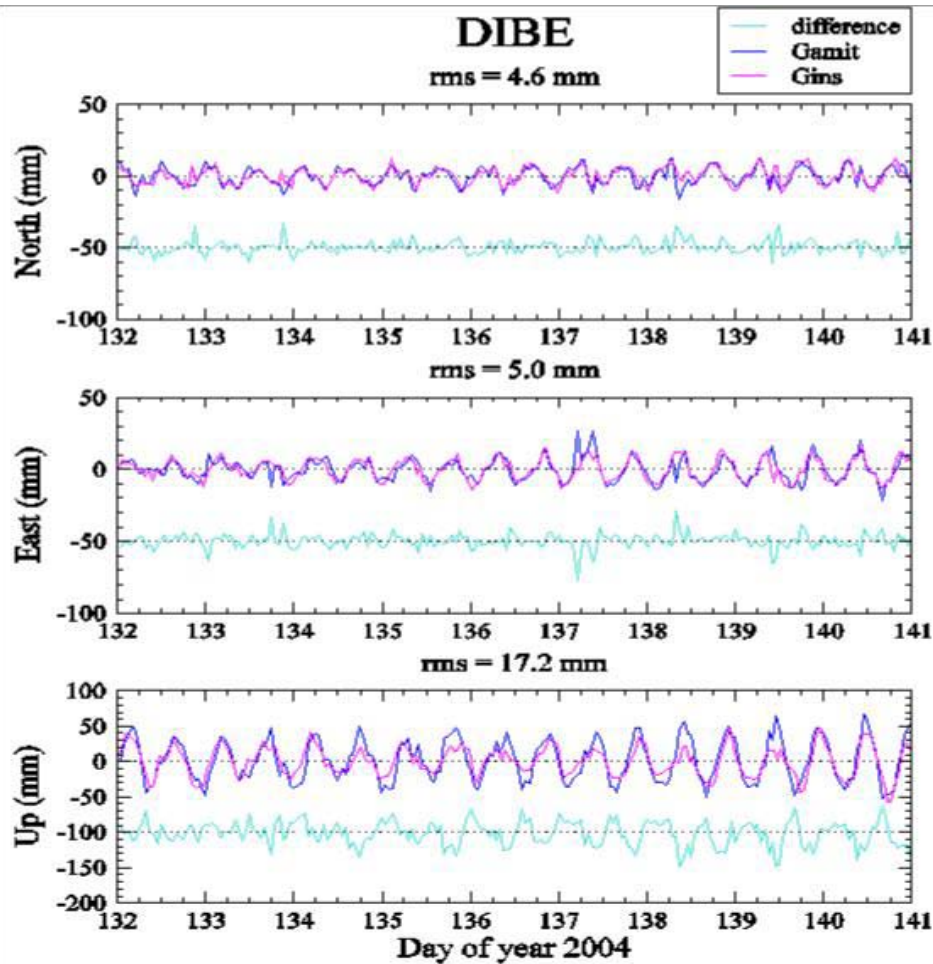
➤ Voir l'impact du phénomène sur les séries longues du GPS et examiner la performance des modèles numériques en termes du positionnement ultra-précis

<b>M2</b>	<b>Lunaire principale</b>	<b>12.42 h 33.5%</b>	<b>O1</b>	<b>Lunaire P.</b>	<b>25.82h 7.0%</b>
<b>S2</b>	<b>Solaire principale</b>	<b>12.00h 12.6 %</b>	<b>K1</b>	<b>Déclinaison L. S.</b>	<b>24.07h 1.5%</b>
<b>N2</b>	<b>Lunaire elliptique majeure</b>	<b>12.66h 6.8 %</b>	<b>P1</b>	<b>Solaire P.</b>	<b>26.87h</b>
<b>K2</b>	<b>Déclinaison luni- solaire</b>	<b>11.97h 3.3 %</b>	<b>Q1</b>	<b>Lunaire elliptique</b>	<b>23.93h</b>
			<b>Mf</b>	<b>Déclinaisonnelle L. semi - mensuelle</b>	<b>13.66 j</b>
			<b>Mm</b>	<b>Lunaire mensuelle</b>	<b>27.55 j</b>

# GINs vs GAMIT, GIPSY

	GINs/DYNAMO
Parameter estimation	Least Squares
Ambiguity resolution	Double difference (on 24 h)
Session duration	1 h
Station estimation	Network resolution <i>every hour</i>
Earth Orientation Parameters	IERS standards
Orbit strategy	IGS orbits (fixed)
Troposphere strategy	1 ZTD (1 h) No gradient
Solid Earth tides corrections	IERS2003 standards
Polar tide correction	IERS2003 standards
Atmospheric loading correctio	ECMWF (6 h)
Elevation cut-off angle	10°
Reference frame strategy	
<i>Pe</i>	11 sites IGS + French permanent stations
<i>A priori coordinates</i>	ITRF00 corrected for FES2004 predicted OTL
<i>Strategy</i>	1 mm constraint applied to 11 IGS stations. Continuity constraints (1 cm) to campaign stations

# GINs vs GAMIT, GIPSY

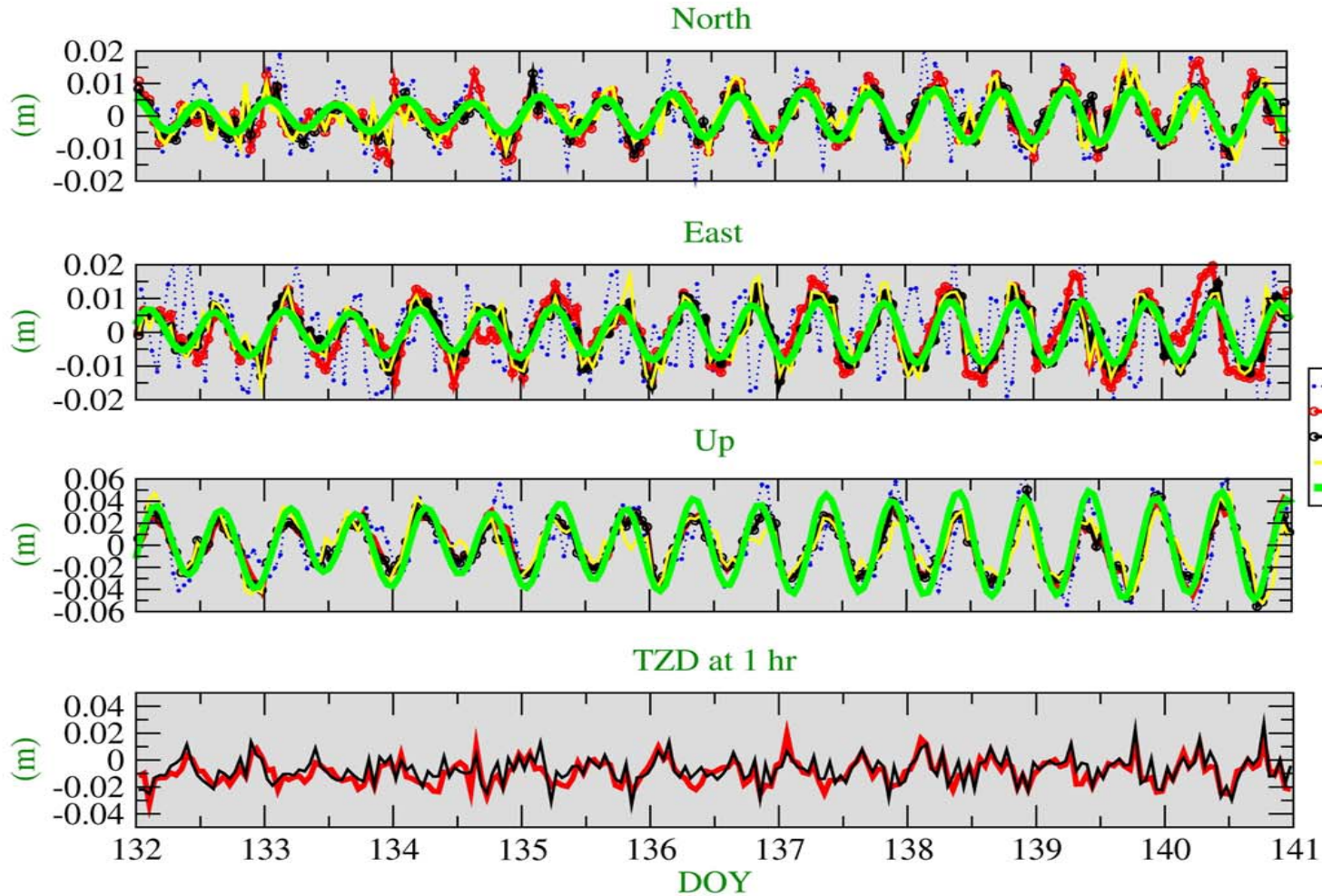


Solution	GAMIT reference solution A (loose constraints)			GAMIT solution B (strong constraints)			GINs/DYNAMO			GIPSY solution C (3-hours sessions)		
	N	E	U	N	E	U	N	E	U	N	E	U
BRST	7.6	8.1	34.3	8.3	9.8	33.3				12.0	24.6	38.6
CHER	5.6	9.2	18.7	6.2	9.1	19.2	3.7*	7.2*	8.8*	7.7	15.8	23.7
COUT	5.3	8.7	19.4	5.6	8.7	18.7	4.3	7.6	11.5	8.7	14.3	24.9
DIBE	7.7	8.6	34.5	7.9	9.0	31.2	5.8	7.3	20.8			
PAIM	7.8	8.1	31.1	8.0	8.8	30.3	5.8	6.6	18.0	10.1	15.1	34.0
mean	6.8	8.5	27.6	7.2	9.2	26.9	4.9	7.2	14.8	9.6	17.4	30.3

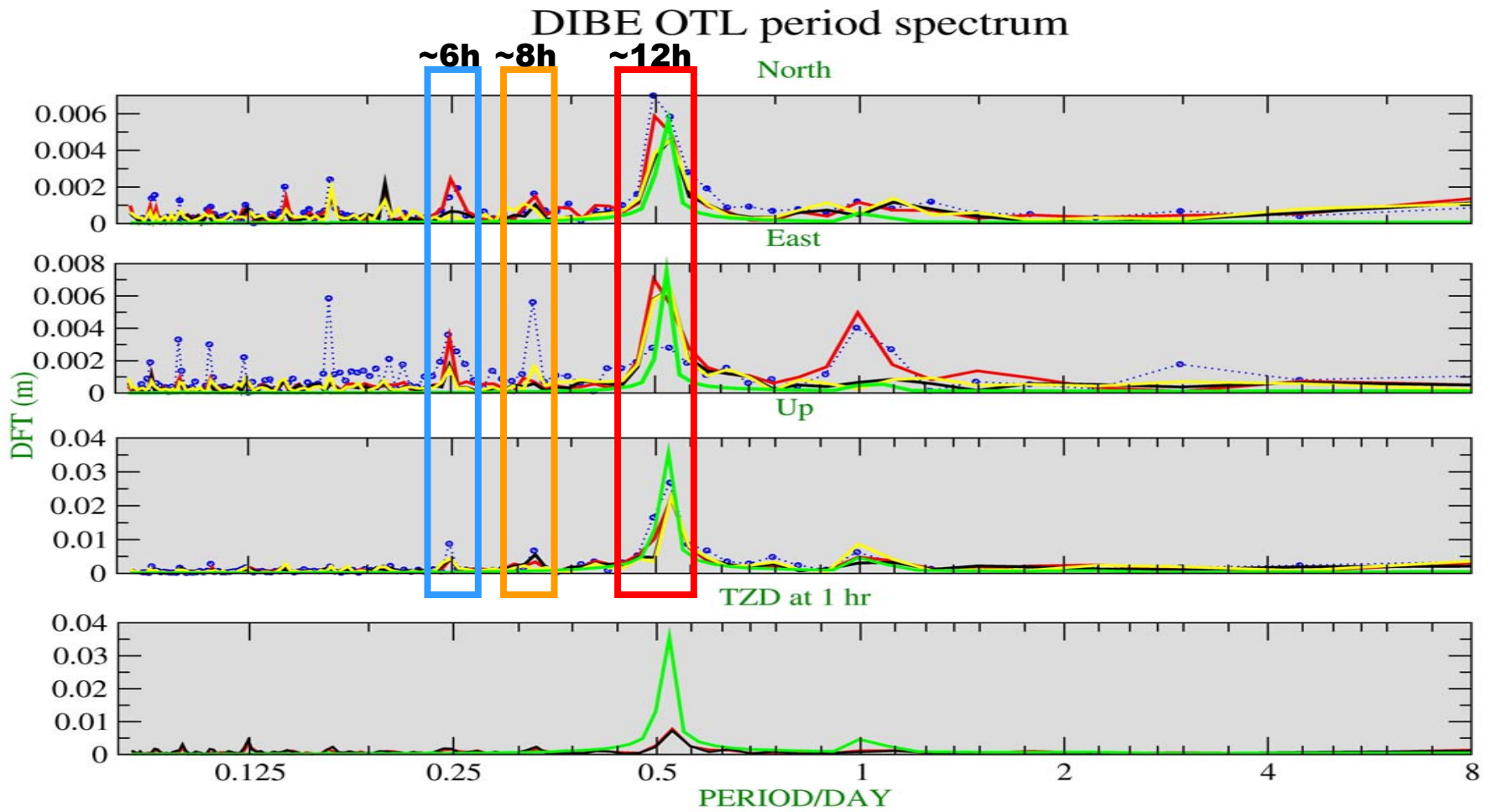
Standard deviation (in mm) of each solution on the whole period (102 days) except for the GINs/DYNAMO solution which is currently available only for 15 days (\*result based on a 5-day series).

# GINS : resultats

## OTL DIBE



# GINS : resultats



# GINs : la strategie PPP

	GINs/DYNAMO PPP STRATEGY
Parameter estimation	Least Squares
Observables and Ambiguity resolution	Undifferenced / no ambiguity fixing
Session duration	1 j
Station estimation	Positions <b>every hour</b> and clocks <b>every epoque</b>
Earth Orientation Parameters	IERS standards
Orbit strategy	CODE orbites and 30s clocks (fixed)
Troposphere strategy	1 ZTD (1 h) No gradient estimated
Solid Earth tides corrections	IERS2003 standards
Polar tide correction	
Atmospheric loading correction	ECMWF (6 h)
Elevation cut-off angle	10°
Reference frame strategy	Fixed GPS orbits and GPS clocks and one station clock
<i>A priori coordinates</i>	approximative
<i>Strategy</i>	Continuity constraints (1 cm) to campaign station

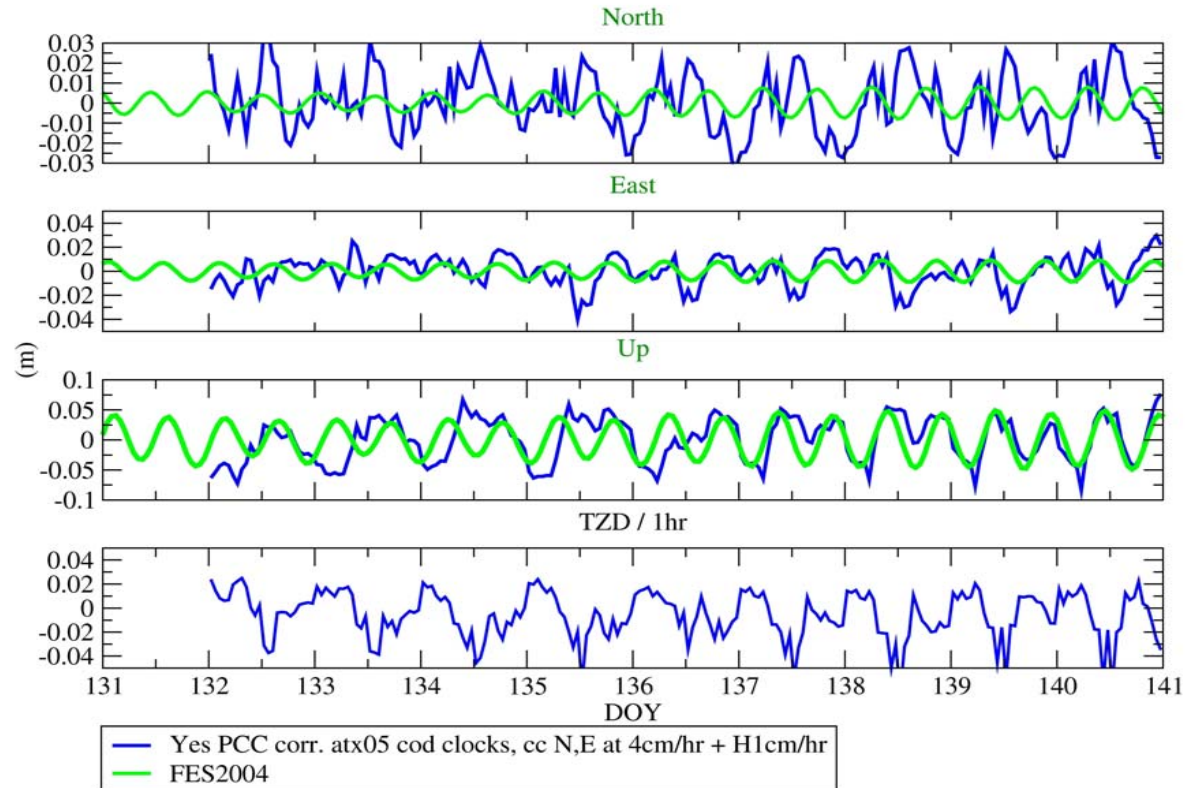
# GINs : la strategie PPP

## PPP strategy dans GINS

Produits nécessaires en interne:

1. Horloges hautes et station avec orbites à 30 s
2. Système de référence CRC
3. Bonne « mapping function » et modèle tropo

PPP for DIBE atx05 PCC BERNE 30sec clk + COD final sp3 orbits



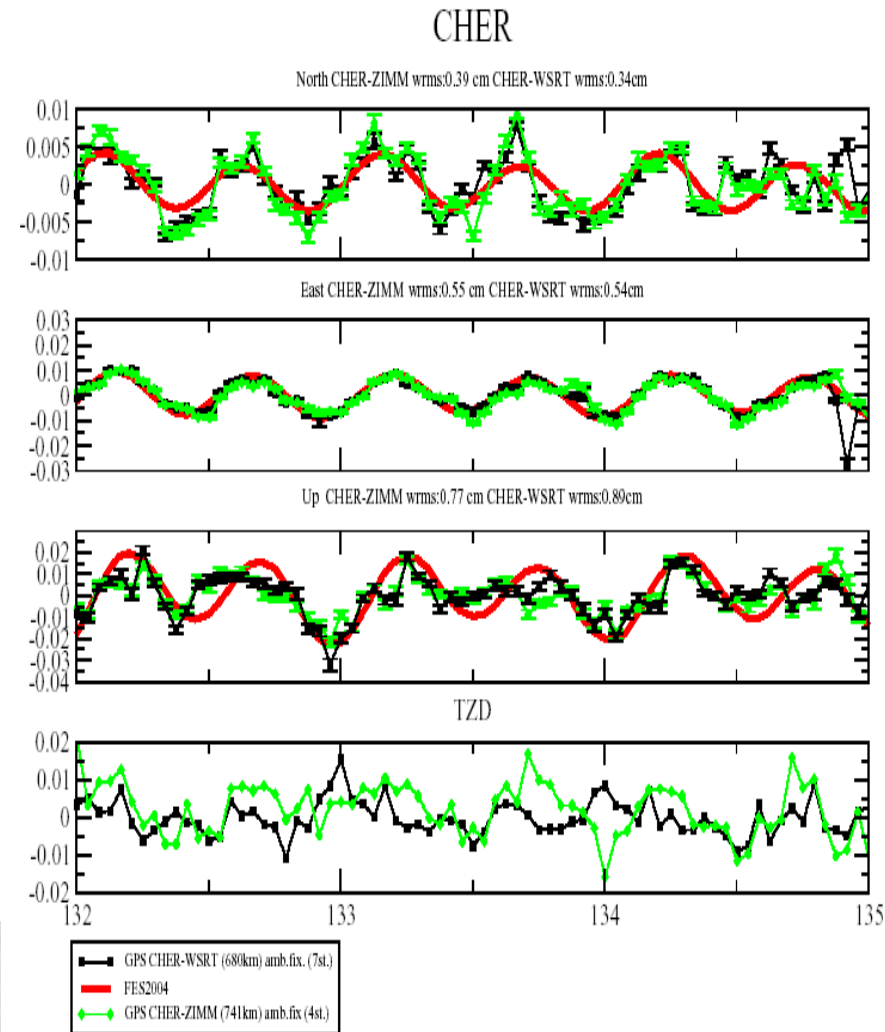
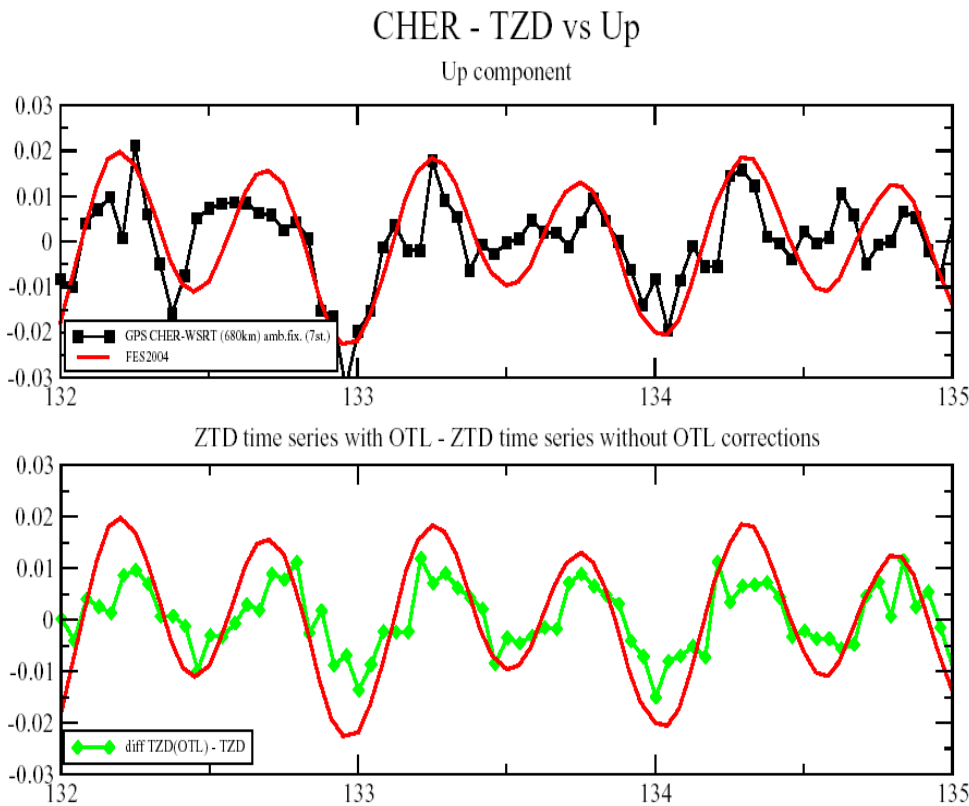
# **GINS : le TP\_BRETAGNE**

## **positionnement très haute fréquence**

- 1 réseau de 7 stations du réseau Bretagne
- Prétraitement (détection sauts, formation des doubles, correction pour les horloges glissantes)
- Exécution GINS à partir des FIC
- Manipulation des équations normales dans DYNAMO
- Et.....

# GINs : le TP\_BRETAGNE

## positionnement à haute fréquence



# La mission Drake

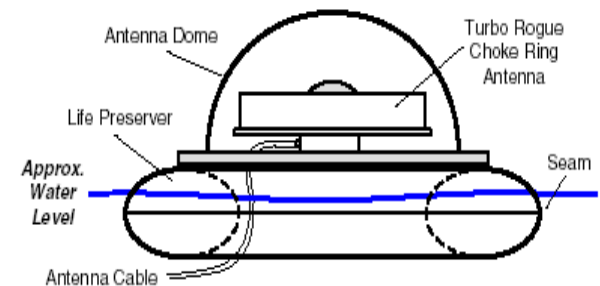
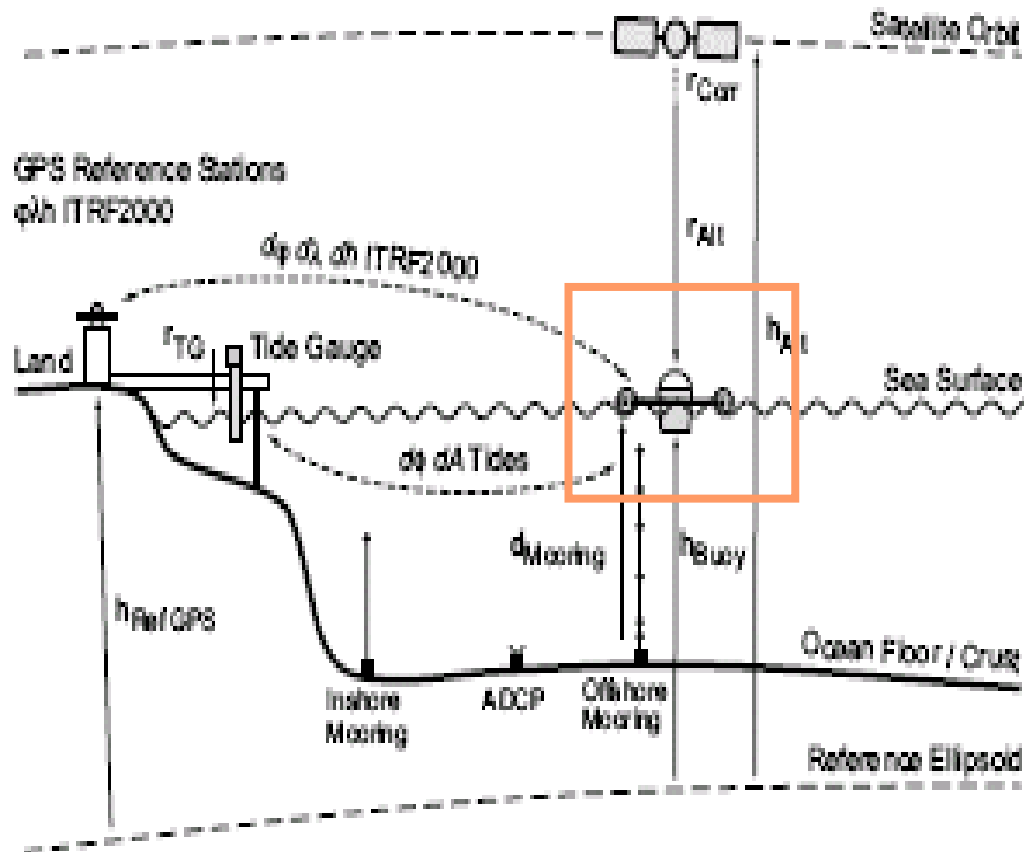
**La campagne Drake vise à valider l'altimétrie de haute précision TOPEX/POSEIDON et Jason-1**



- **Déterminer sous la trace satellite du passage de Drake, avec une précision de quelques centimètres, le niveau de la mer par rapport aux points géodésiques GPS à terre**
- **Mesurer la hauteur des vagues pendant la traversée du passage de Drake par le navire, puisque l'acquisition de mesures GPS en mer avec une haute fréquence d'échantillonnage (à la seconde) permet également d'estimer ce paramètre**

# La mission Drake

echo \$le/principe/d\_calibration

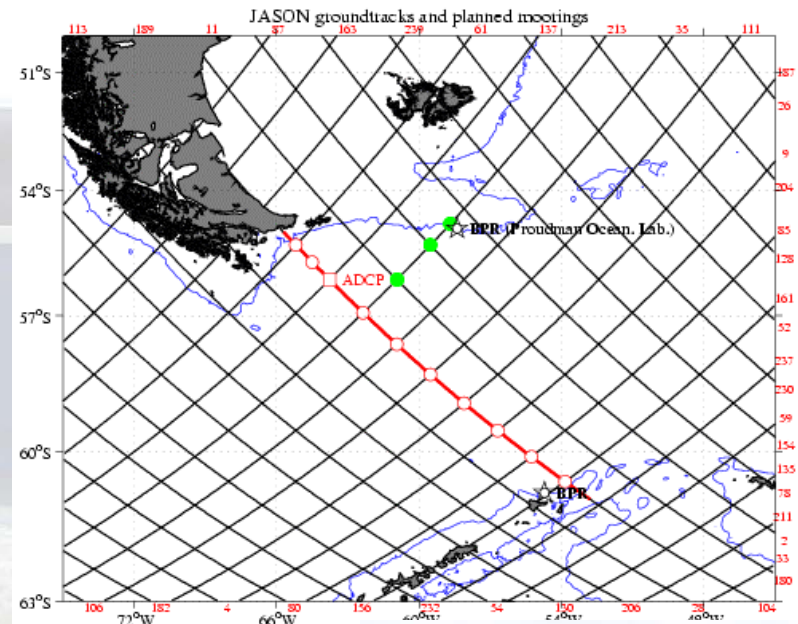


# La mission Drake



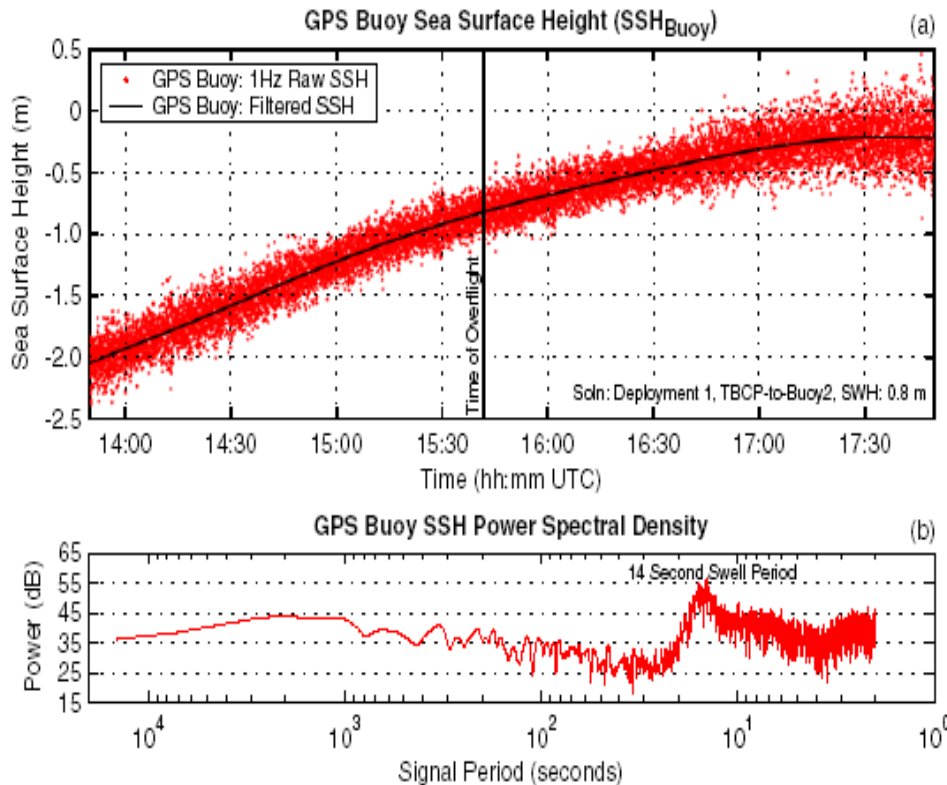
La technique consiste à calculer le biais absolu de l'altimètre

$$\text{Bias}_{\text{alt}} = \text{SSH}_{\text{Alt}} - \text{SSH}_{\text{Point de comparaison}}$$



# La mission Drake

echo \$challenges/perspectives/d\_evolution



Watson et al. 2005

\$ Faire face avec le problème de détermination du DATUM géodésique

\$ Développer le mode du traitement cinématique dans le logiciel

\$ Traiter des données GPS à la cadence de 1HZ (1/sec) et calculer des séries temporelles SSH dans la même fréquence pour la bouée et le bateau

\$ Modéliser l'effet des vagues dans les mouvements du bateau et de la bouée

\$ Filtrage des séries temporelles pour le bruit haute fréquence (swell, surface waves etc..)

# Traitements GPS avec GINS:

## Exemple des CRC

**S. Loyer, T. Lalanne**, Production des matrices hebdomadaires GPS pour les CRC, traitement des données GPS 2005, CRC-GRGS meeting Paris, 28/02/2006

**R. Biancale** <sup>(3)</sup>, **D. Gambis** <sup>(4)</sup>, **J.-M. Lemoine** <sup>(3)</sup>, **J.-C. Marty** <sup>(3)</sup>, **S. Loyer** <sup>(3-5)</sup>, **L. Soudarin** <sup>(6)</sup>, **Z. Altamimi** <sup>(1)</sup>, **T. Carlucci** <sup>(4)</sup>, **N. Capitaine** <sup>(4)</sup>, **D. Coulot** <sup>(1-2)</sup>, **P. Berio** <sup>(2)</sup>, **P. Exertier** <sup>(2)</sup>, **P. Charlot** <sup>(7)</sup> GRGS Combination Research Centre Participation to the IERS Combination Pilot Project, IERC CRC meeting, Vienna, 2005

**D. Coulot, Ph. Berio, R. Biancale, S. Loyer, L. Soudarin, and A.-M. Gontier**, Direct combination of space-geodetic techniques at the measurement level: a new solution for EOP determination, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, JULY 2005

*Présenté par Félix Perosanz, CNES/GRGS, Toulouse*

# Introduction

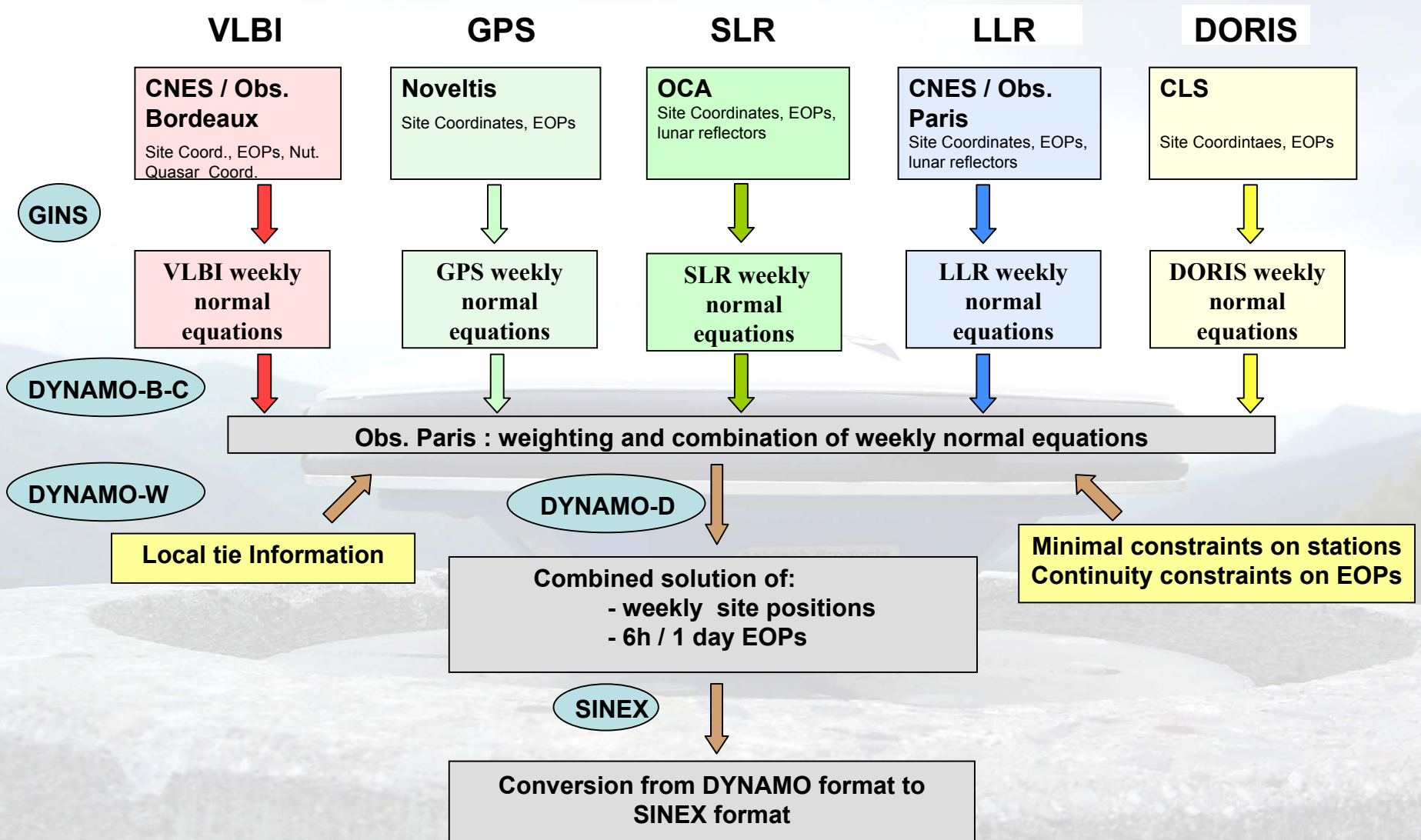
GRGS contributes to the CRC :

- combining 5 space techniques in an homogeneous and simultaneous computation
- provide weekly solutions for the Earth orientation parameters:
  - Pole-X, Pole-Y, UT1, Nutation- $\psi$ , Nutation- $\varepsilon$  per day
  - stations coordinates per week



Using GINS !

- ✓ GPS : all GPS satellites, stations subset (approx. 50 stations)
- ✓ SLR : Lageos & Lageos2, all stations (approx. 15 stations)
- ✓ DORIS : all satellites except Jason1, all stations (approx. 44 stations)
- ✓ VLBI : approx. 9 stations
- ✓ LLR : 2 stations (Grasse & Mc Donald)



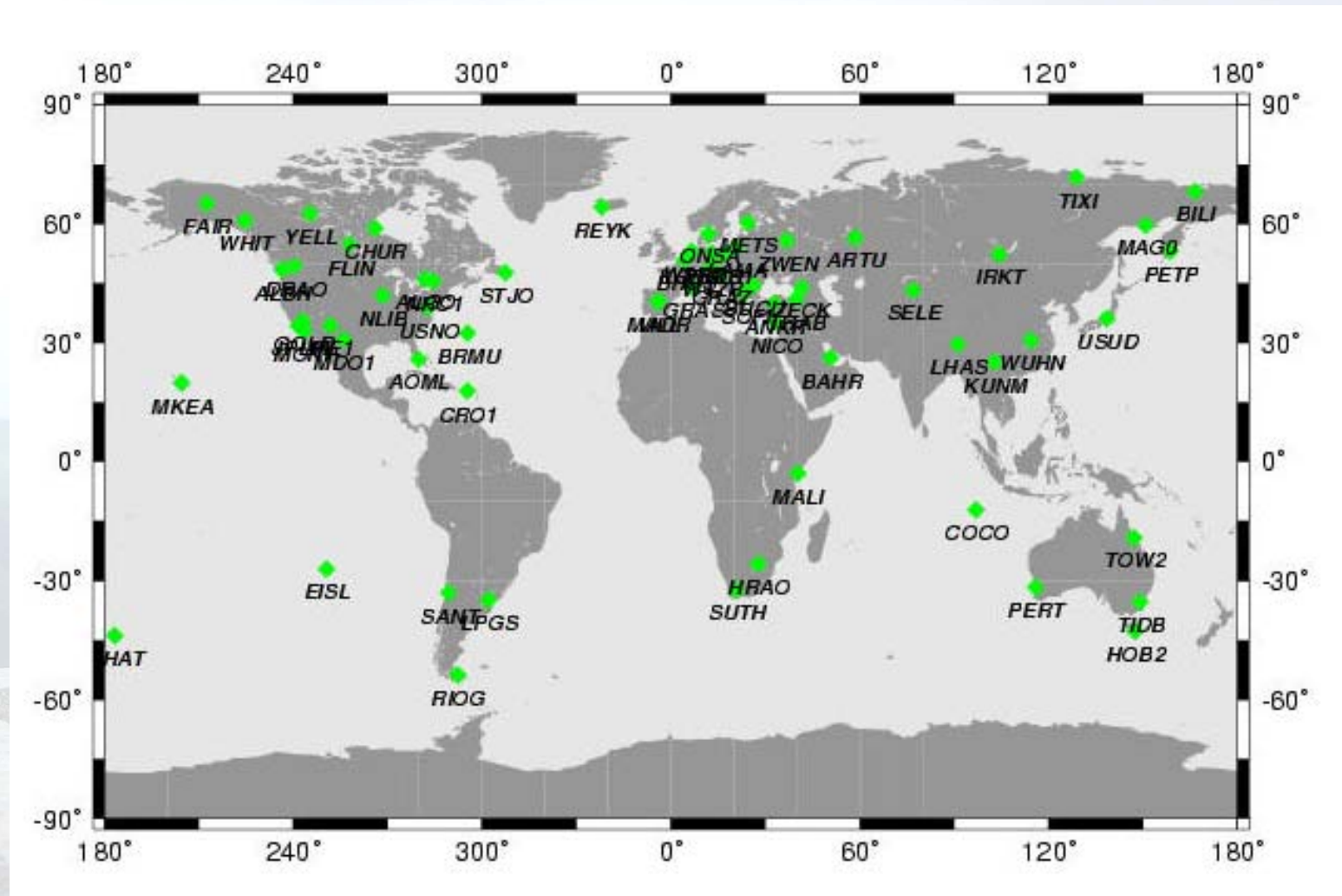
# GPS data processing strategy

Preprocessing	+ network of around 70 IGS stations + automatic two steps pre-processing procedure translates the Rinex files into an internal format, detects outliers, cycle slips, and forms « iono-free » linear combinations
Gravity field	Earth (12x12) + sun+moon+planets
Solar Radiation Pressure	Bar-Sever 2003 for blocks II + 1 scale factor/day + Y-bias/day
Reference frame	ITRF2000 positions and velocities + EOPC04 + IERS predictions for Earth orientation
strategy	Undifferenced iono-free observations. Data sampling: 600 seconds

# Caractéristiques générales des traitements

<ul style="list-style-type: none"><li>+ Intervalle entre époques</li><li>+ Observables</li><li>+ Seuil d'élimination des mesures basse élévation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ 900 secondes.</li><li>+ Range et Phase ionosphère-free</li><li>+ 15 degrés</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>+ Paramètres de mesure estimés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>+1 valeur réelle d'ambiguïté par passage</li><li>+1 paramètre d'horloge par époque par station et par satellite (station de référence variable pour chaque jour)</li><li>+ 8 paramètres de biais troposphériques par jour et par station</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>+ Durée des arcs</li><li>+ modèle dynamique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ 2 jours</li><li>+ Modèle de pression solaire empirique (Bar-Sever 2003)</li><li>+ Potentiel de gravité limité au degré 12</li></ul>

# Réseau de stations GPS (67 stations)

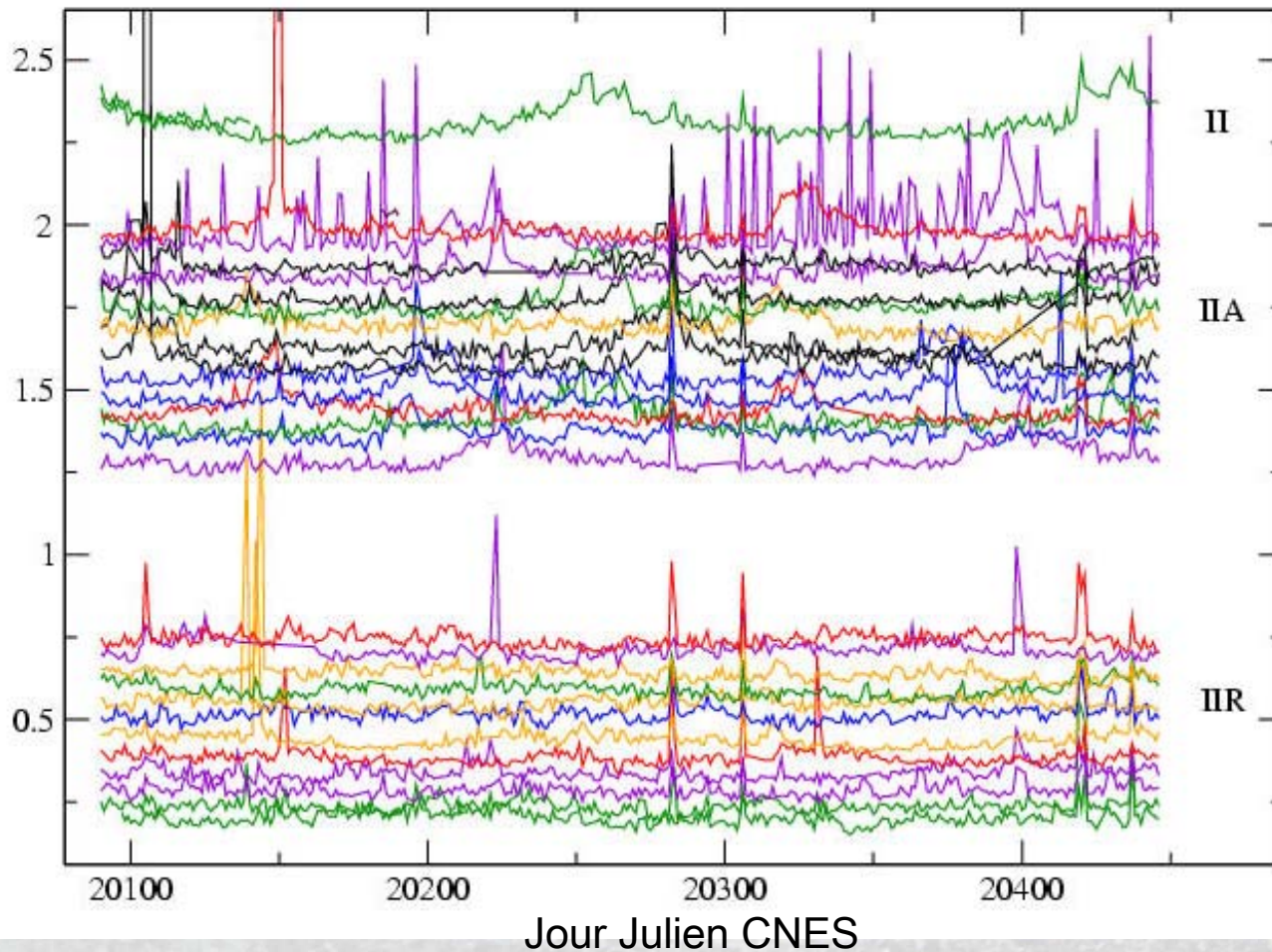


# Qualité des produits GPS de GINS

- Exploitation routinière par la société Noveltis depuis le 01/01/2004
- qualité actuelles des orbites GPS de GINS :  
autour de 11-12 cm 3D / IGS  
radial : 4 cm rms / IGS
- Qualité actuelle des horloges GPS de GINS :  
8-9 cm /IGS (i.e.  $\sim 0.3$  nanoseconds)
- Pole diurne : RMS = 0.1 mas

# Ecarts d'orbite / IGS par satellites

3D RMS/jour



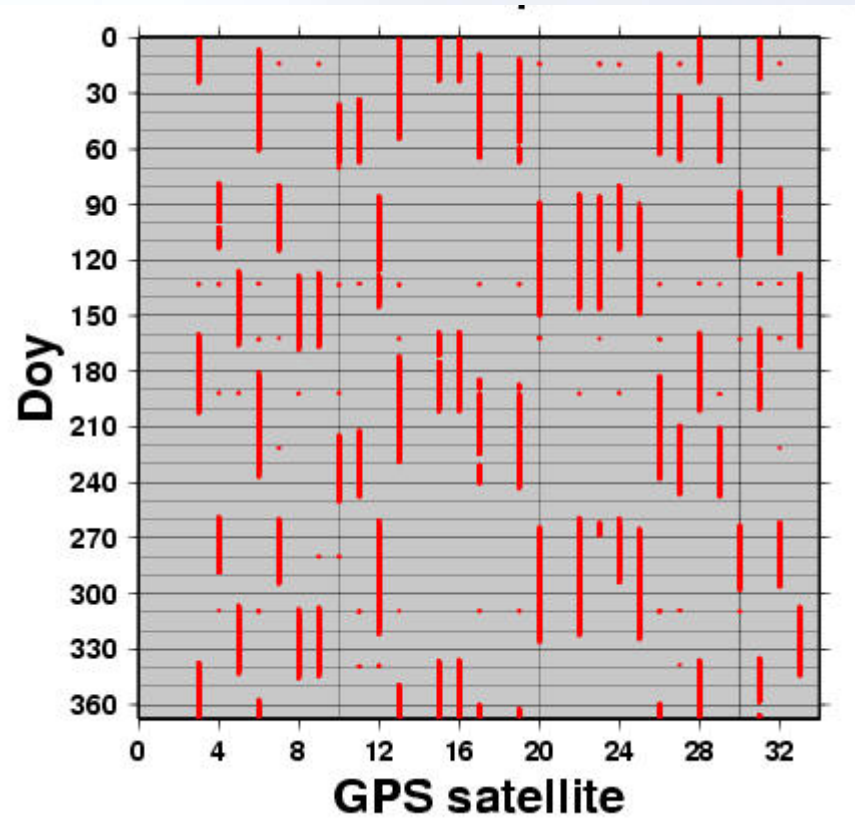
# Modélisation des satellites en éclipse

Perte d'attitude pendant les éclipses et jusqu'à 1-2 heures après :

- Modèle dynamique moyen inadapté
- Attitude réelle inconnue

→ Modélisation particulière pour les satellites en éclipse:

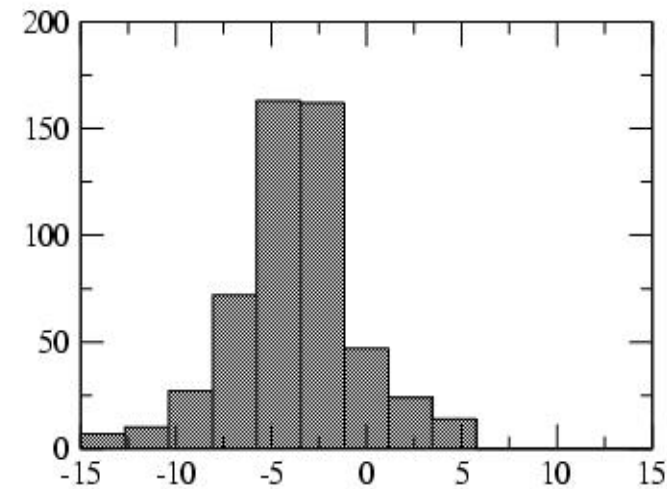
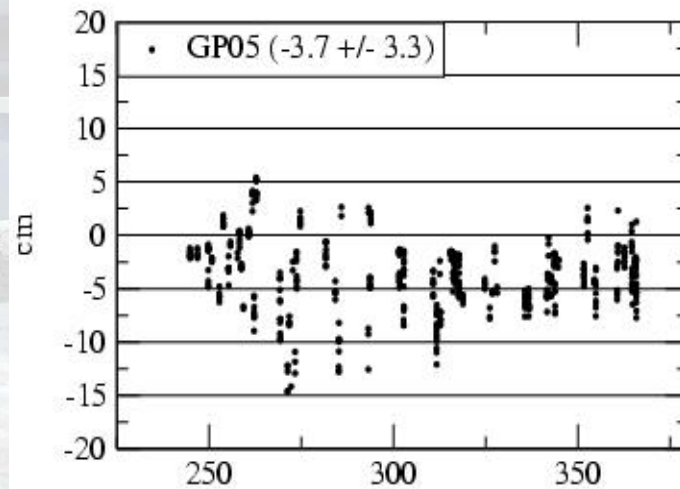
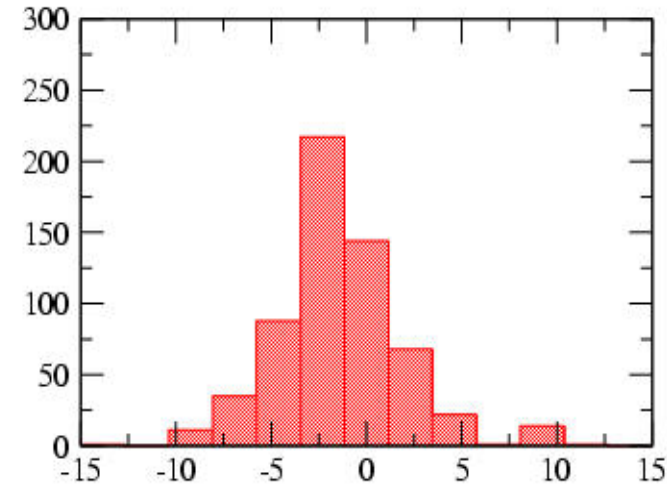
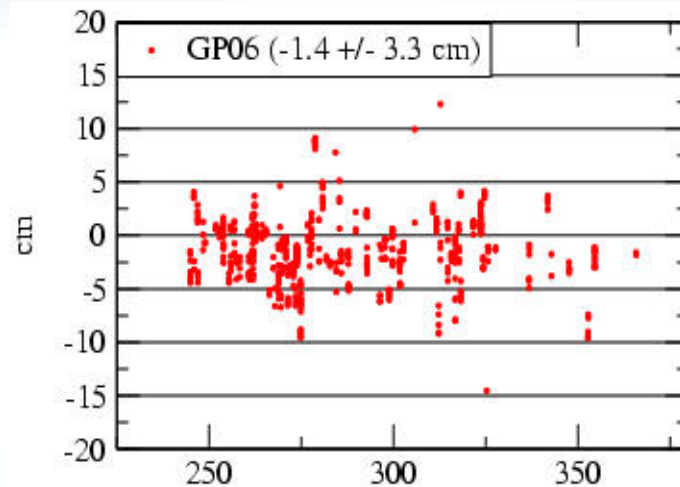
- Mesures phase et range sous-pondérées pendant les périodes d'éclipses.
- Passage de 1 FS/jour à 5 FS/jour pour les satellites en période d'éclipse



**Périodes d'éclipses des satellites GPS (année 2002)**

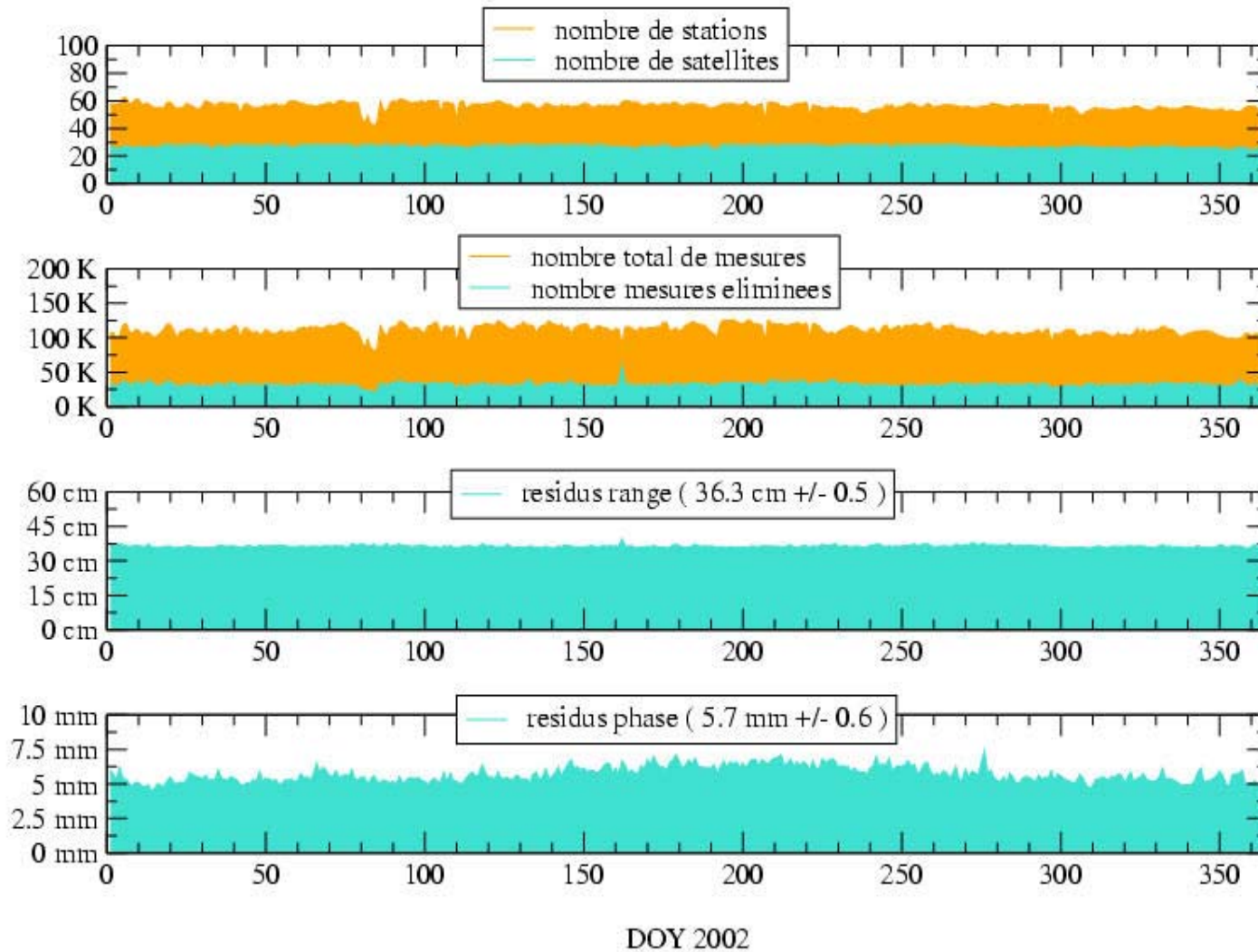
# Résidus SLR

SLR residuals on GPS SV35 (PRN 05) and SV36 (PRN 06) for three months in 2002. Temporal residuals (left) exhibit systematic centimeter level biases clearly visible on the histograms (right).



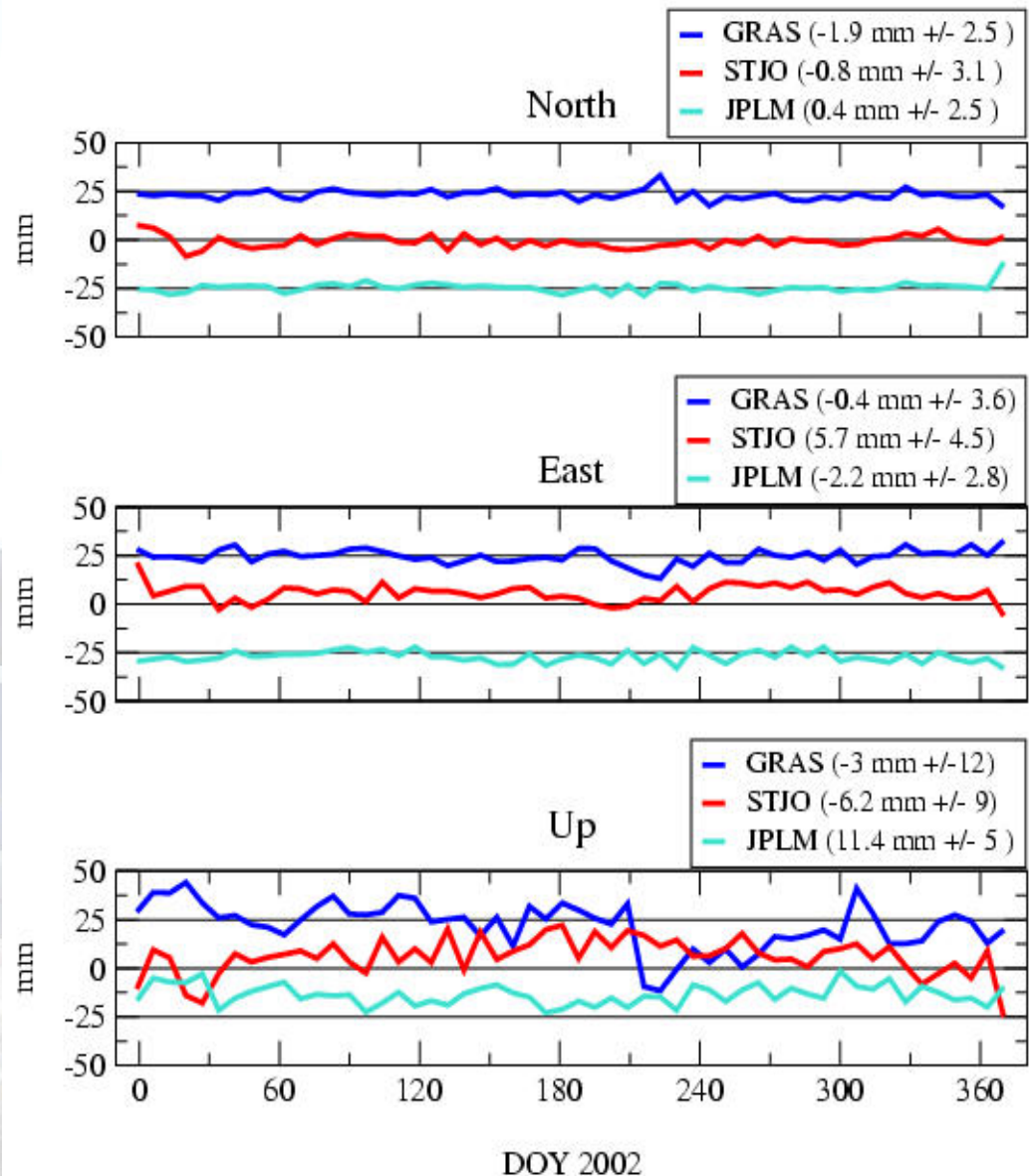
DOY 2002

# Traitements GPS 2002



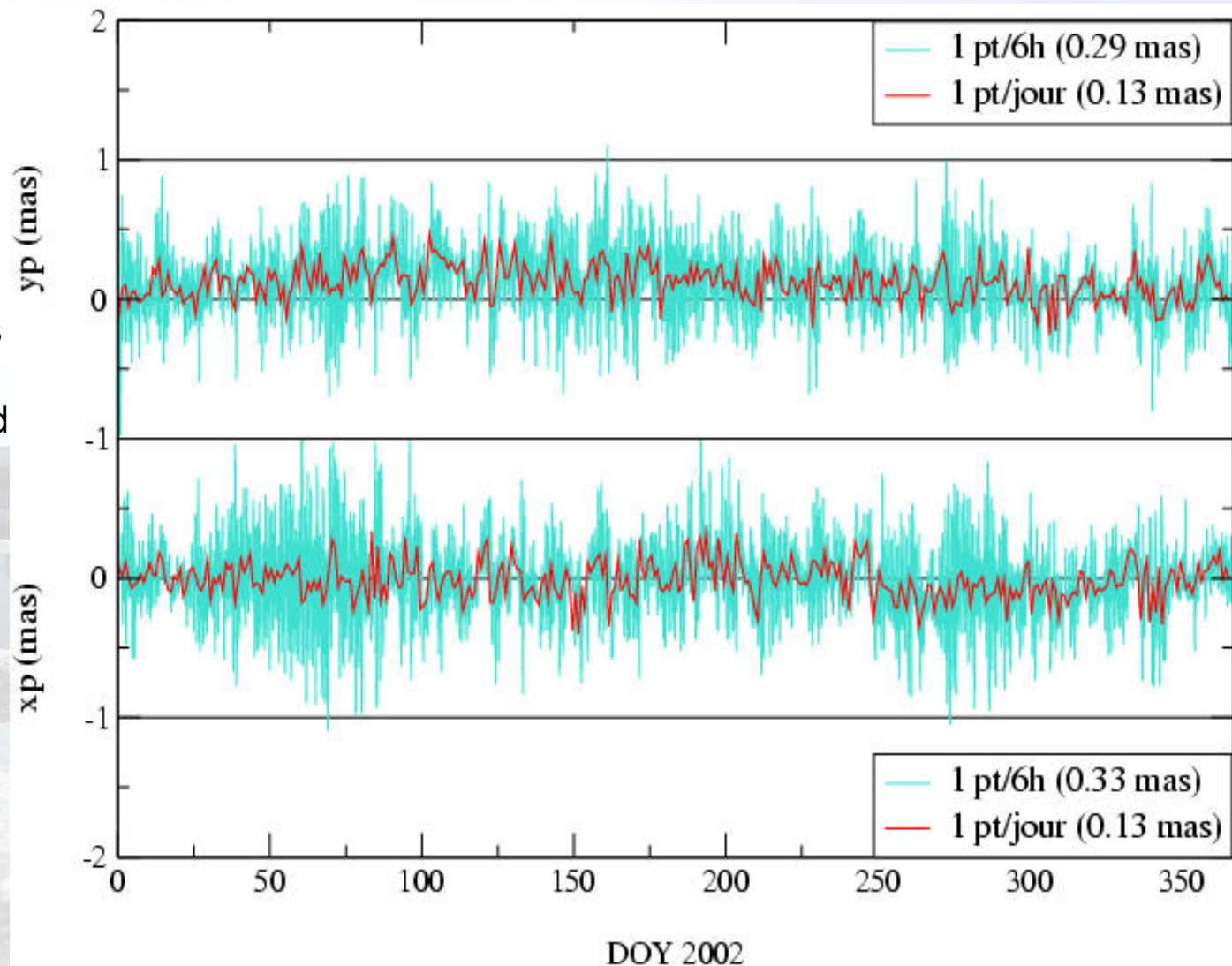
# Solution de coordonnées stations

- station coordinate comparison to ITRF2002 for 3 typical IGS sites.
- ( $\pm 25$  mm have been added to the series for better reading).
- Global differences for the complete network (not shown) are around 3-4 mm in North and East directions and 9 mm in the vertical direction.



# Solution du pôle

1/day and 4/day estimates  
of polar coordinates  
compared to the combined  
serie EOPC04  
(bottom xp , and top : yp)



## GINS/GNSS : Perspectives et évolutions

- Amélioration du modèles de pression de radiation solaire sur les satellites GPS (traitements CRC-GPS)
- Capacité de calcul d'orbite de GIOVE-A&B avec des mesures SLR
- Capacité de calcul d'orbite de GIOVE-A&B avec des mesures Galileo + hybridation des mesures GPS et Galileo
- Outils d'analyse statistiques (résidus, solutions,...)
- Capacité de traitement cinématique (campagne DRAKE)
- Amélioration du mode PPP (horloges satellites GPS à 30 s, filtrage sidéral,...)
- GINS multi-constellation
- Introduction de la fonction de mesure GLONASS
- Introduction de la fonction de mesure Galileo
- Traitements tri-fréquences : algorithme de résolution des ambiguïtés entières, combinaison des phases/codes
  
- GINS-PC :
  - **Documentation**, guide d'installation, hot-line, formation...