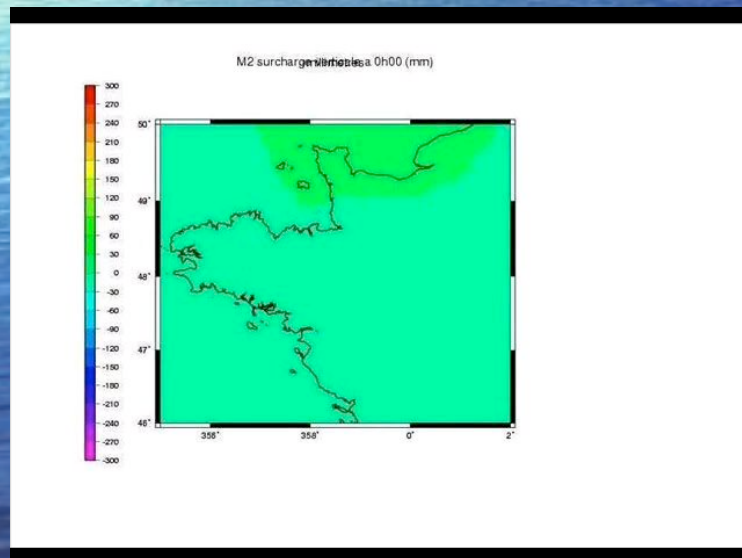


# « Analyse à haute fréquence du positionnement GPS de la campagne surcharge Bretagne; comparaisons aux modèles de marées »



S. A. Melachroinos (1), M. Vergnolle (2), M. Llubes (3),  
R. Biancale (1), F. Perosanz(1), J. Nicolas (4), L. Morel  
(4), S. Durand (4), F. Masson (5), M.-N. Bouin (6)

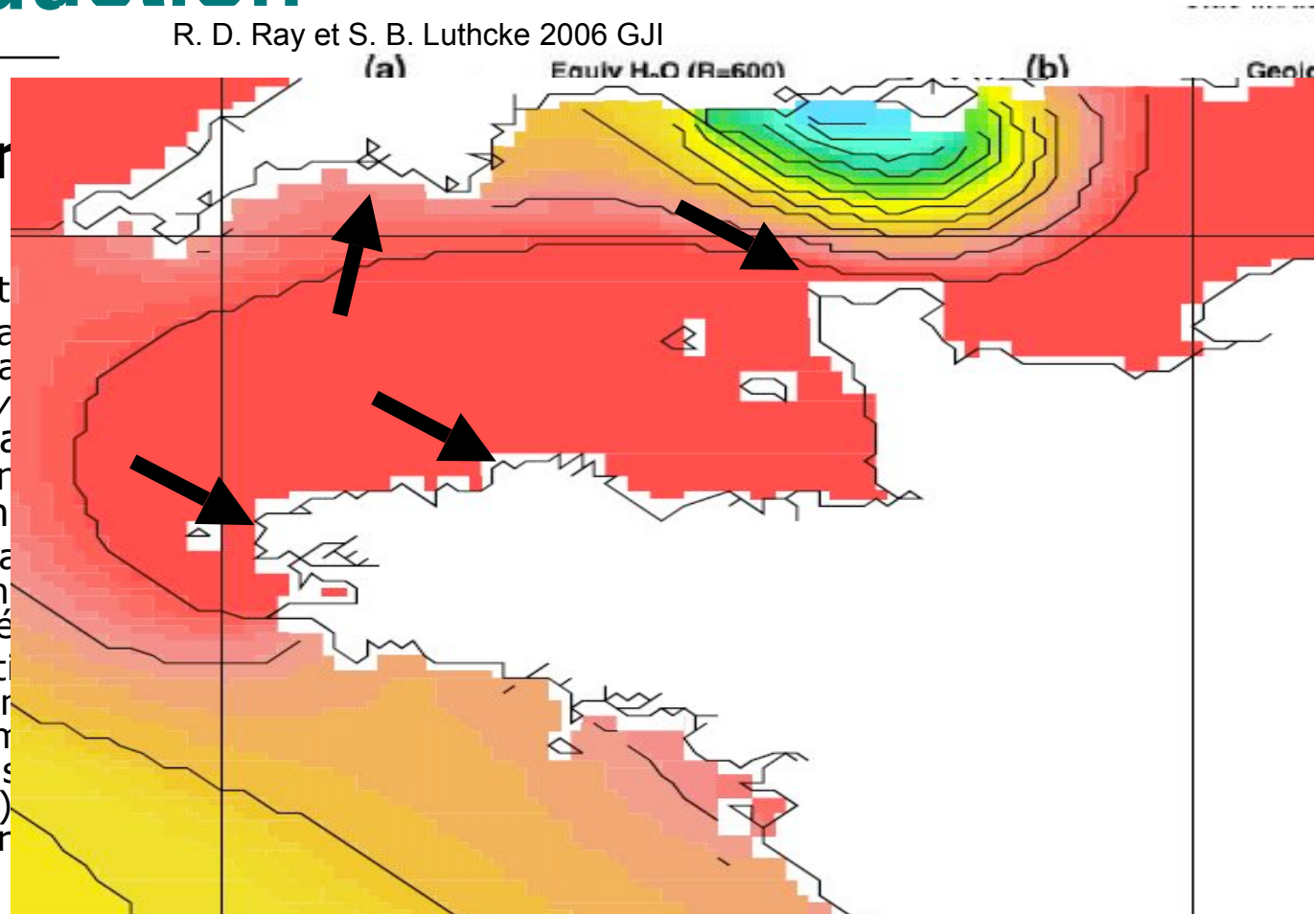
- (1) GRGS/DTP
- (2) LGT
- (3) GRGS/LEGOS
- (4) ESGT/L2G
- (5) IPG/Strasbourg
- (6) IGN/LAREG

# Introduction

R. D. Ray et S. B. Luthcke 2006 GJI

## Challenges

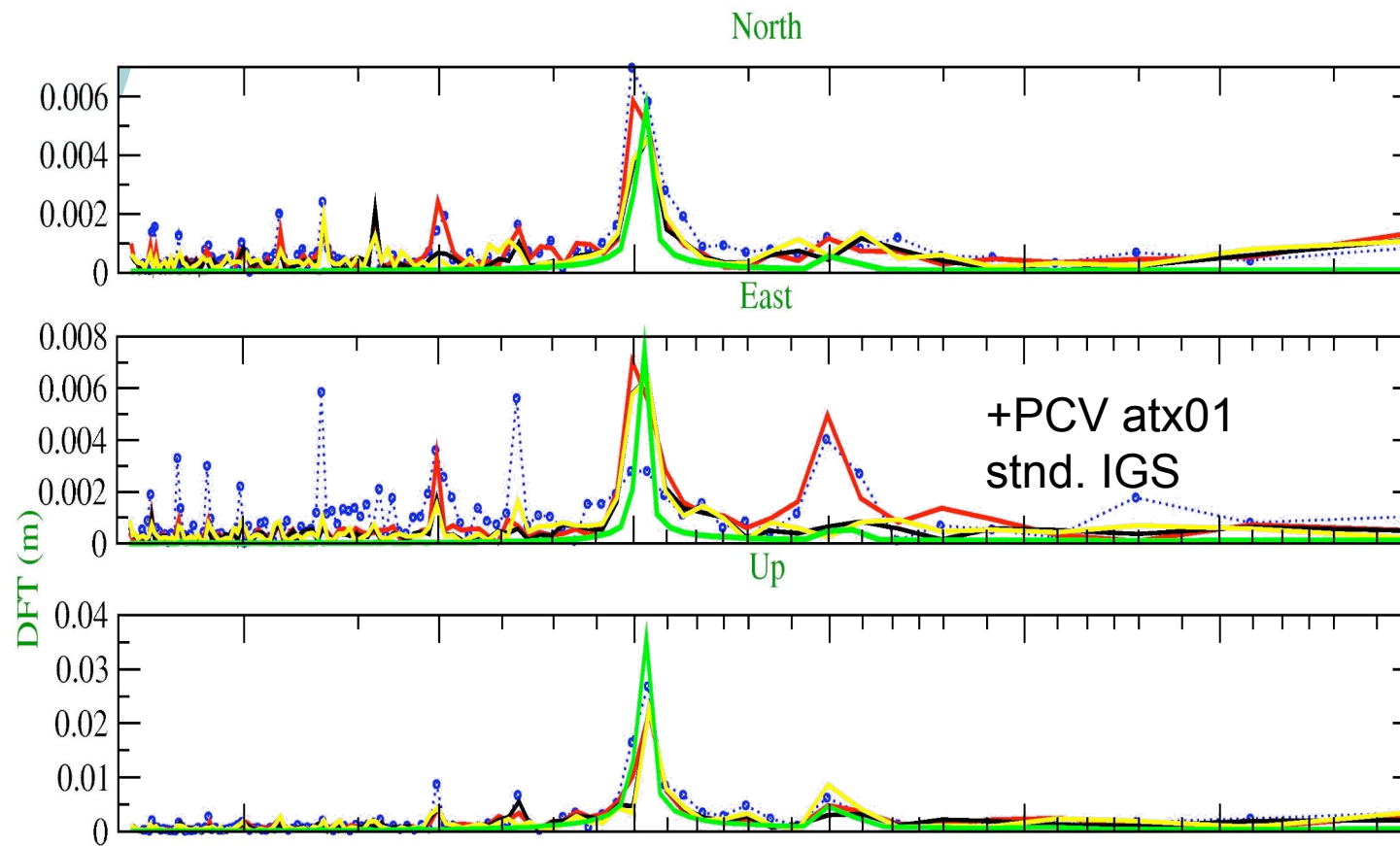
- γ La validation
- γ La signification  
des estimations  
(R.D. Ray  
globally a  
acceleration  
determined)
- γ Inconsistances  
attraction  
moins précises
- γ L'implication  
réalisation  
séries temporelles  
traces des  
(~10mm)  
Repeat on



Effets de la résolution des grilles des marées sur les zones côtières (thèse T. Letellier)

# Introduction

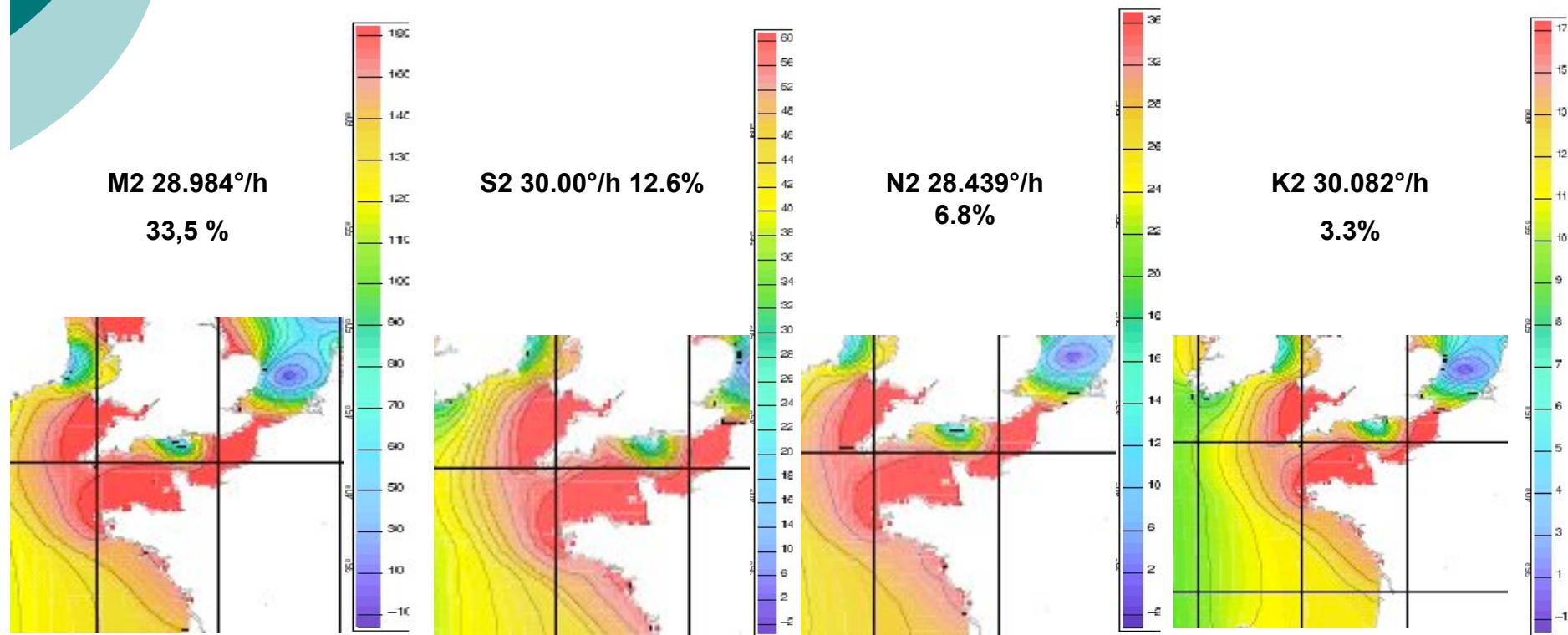
DIBE OTL period spectrum



| GINs/DYNAMO                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Least Squares                                                                                                 |
| Double difference (on 24 h)                                                                                   |
| 1 h                                                                                                           |
| Network resolution<br>every hour                                                                              |
| IGS standards                                                                                                 |
| IGS orbits (fixed)                                                                                            |
| 1 ZTD (1 h)                                                                                                   |
| No gradient                                                                                                   |
| Marini type MF                                                                                                |
| IGS2003 standards                                                                                             |
| IGS2003 standards                                                                                             |
| ECMWF (6 h)                                                                                                   |
| 10°                                                                                                           |
| 15 sites IGS +<br>5 French permanent stations                                                                 |
| ITRF00 corrected for<br>FES2004 predicted OTL                                                                 |
| 1 mm constraint applied to IGS stations<br>Continuity constraints (1 cm / hr) to<br>campaign and RGP stations |

# Caractéristiques des marées

## Les ondes linéaires semi-diurnes



(thèse T. Letellier )

Colloque GDR/G2 à la Rochelle

# Caractéristiques des marées

|             |                                                               |             |                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------|
| <b>M2</b>   | <b>Principal lunar semidiurnal constituent</b>                | <b>M1</b>   | <b>Smaller lunar elliptic diurnal constituent</b>     |
| <b>S2</b>   | <b>Principal solar semidiurnal constituent</b>                | <b>J1</b>   | <b>Smaller lunar elliptic diurnal constituent</b>     |
| <b>N2</b>   | <b>Larger lunar elliptic semidiurnal constituent</b>          | <b>MM</b>   | <b>Lunar monthly constituent</b>                      |
| <b>K1</b>   | <b>Lunar diurnal constituent</b>                              | <b>SSA</b>  | <b>Solar semiannual constituent</b>                   |
| <b>M4</b>   | <b>Shallow water overtides of principal lunar constituent</b> | <b>SA</b>   | <b>Solar annual constituent</b>                       |
| <b>O1</b>   | <b>Lunar diurnal constituent</b>                              | <b>MSF</b>  | <b>Lunisolar synodic fortnightly constituent</b>      |
| <b>M6</b>   | <b>Shallow water overtides of principal lunar constituent</b> | <b>MF</b>   | <b>Lunisolar fortnightly constituent</b>              |
| <b>MK3</b>  | <b>Shallow water terdiurnal</b>                               | <b>RHO</b>  | <b>Larger lunar evectional diurnal constituent</b>    |
| <b>S4</b>   | <b>Shallow water overtides of principal solar constituent</b> | <b>Q1</b>   | <b>Larger lunar elliptic diurnal constituent</b>      |
| <b>MN4</b>  | <b>Shallow water quarter diurnal constituent</b>              | <b>T2</b>   | <b>Larger solar elliptic constituent</b>              |
| <b>NU2</b>  | <b>Larger lunar evectional constituent</b>                    | <b>R2</b>   | <b>Smaller solar elliptic constituent</b>             |
| <b>S6</b>   | <b>Shallow water overtides of principal solar constituent</b> | <b>2Q1</b>  | <b>Larger elliptic diurnal</b>                        |
| <b>MU2</b>  | <b>Variational constituent</b>                                | <b>P1</b>   | <b>Solar diurnal constituent</b>                      |
| <b>2N2</b>  | <b>Lunar elliptical semidiurnal second-order constituent</b>  | <b>2SM2</b> | <b>Shallow water semidiurnal constituent</b>          |
| <b>OO1</b>  | <b>Lunar diurnal</b>                                          | <b>M3</b>   | <b>Lunar terdiurnal constituent</b>                   |
| <b>LAM2</b> | <b>Smaller lunar evectional constituent</b>                   | <b>L2</b>   | <b>Smaller lunar elliptic semidiurnal constituent</b> |
| <b>S1</b>   | <b>Solar diurnal constituent</b>                              | <b>2MK3</b> | <b>Shallow water terdiurnal constituent</b>           |
|             |                                                               | <b>K2</b>   | <b>Lunisolar semidiurnal constituent</b>              |
|             |                                                               | <b>M8</b>   | <b>Shallow water eighth diurnal constituent</b>       |
|             |                                                               | <b>MS4</b>  | <b>Shallow water quarter diurnal constituent</b>      |

# La surcharge Océanique (OTL)

## La surcharge océanique

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 ,

**FES2004** – 0.125 x 0.125°; T/P, ERS

**TPX07.0** – 0.25 x 0.25°; Assimilates T/P + Jason,  
ERS (M2 & O1), TG

**CSR4** – 0.5 x 0.5°; T/P

**GOT00.2** - 0.5 x 0.5°; T/P, ERS

**NAO.99b** - 0.5 x 0.5°; T/P .....

Décomposées en 2 termes sin et cos

# Les observations GPS de la campagne Bretagne

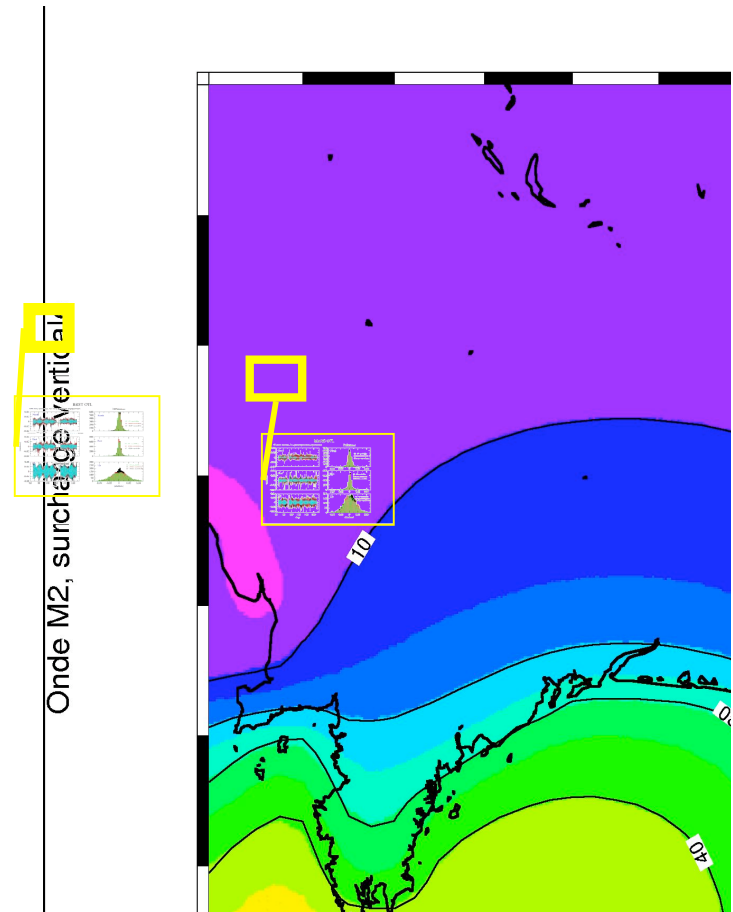
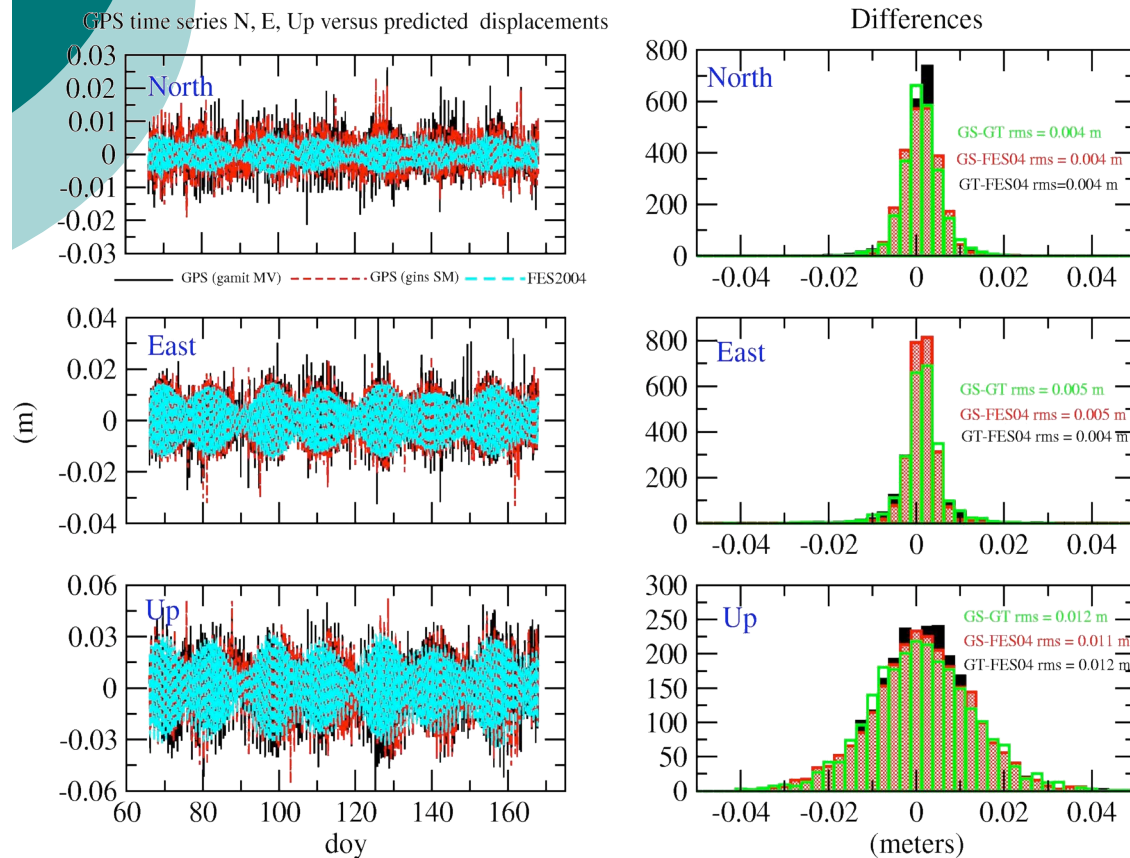
---

- Υ 110 jour des données sur 12 stations temporaires (au dessus du *critère de Rayleigh* pour la séparation des ondes les plus proches)
- Υ Réseaux des stations Brotons+RGP+IGS à l'échelle continentale (régional)
- Υ Estimation des positions des stations et paramètres troposphériques / hr
- Υ Utilisation des logiciels GINS (SM), BERNESE (SD), GIPSY (LM), GAMIT (MN, MV) I

$$T = 1/(\omega_1 - \omega_2)$$

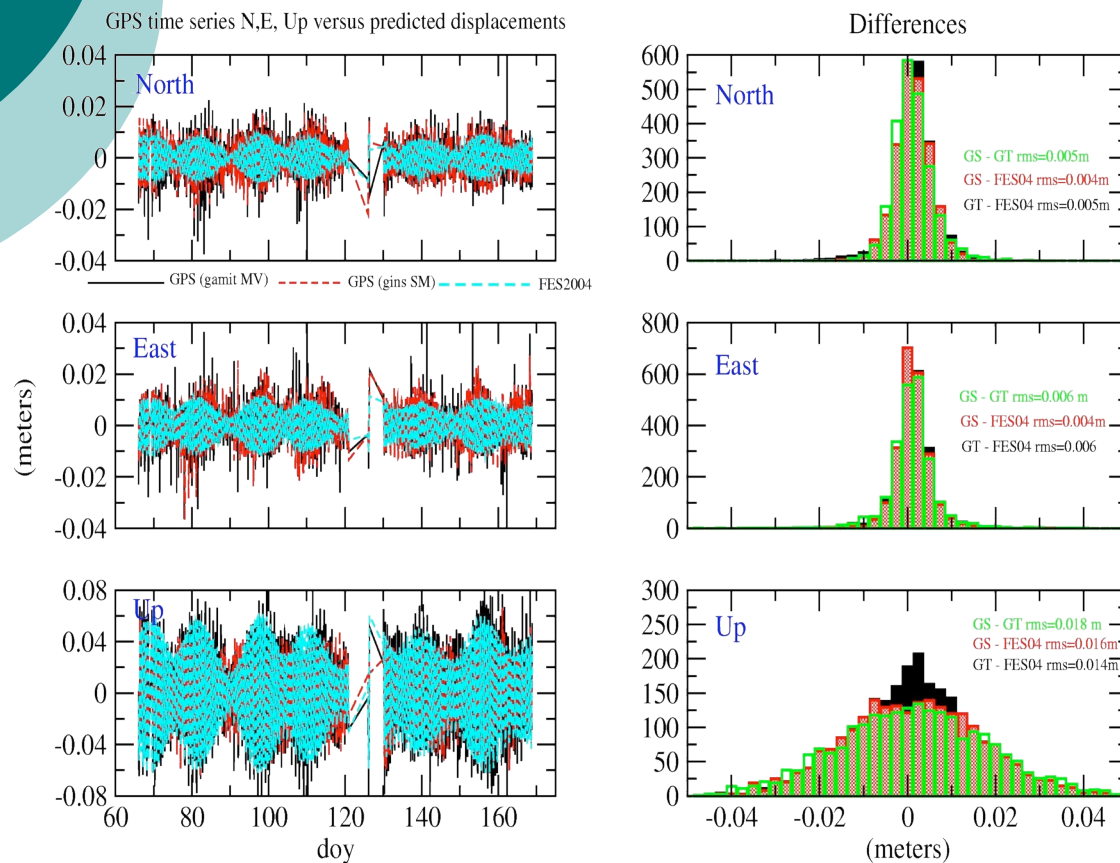
# Les différences au modèle FES04 et entre logiciels [sol. GINS (SM) – GAMIT (MV)]

## GHER OTL

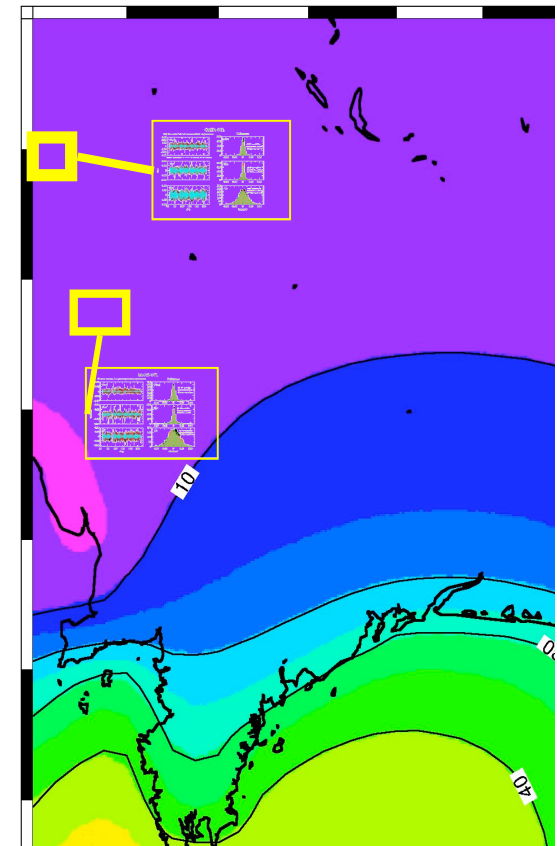


# Les différences au modèle FES04 et entre logiciels [sol. GINS (SM) – GAMIT (MV)]

## BRST OTL



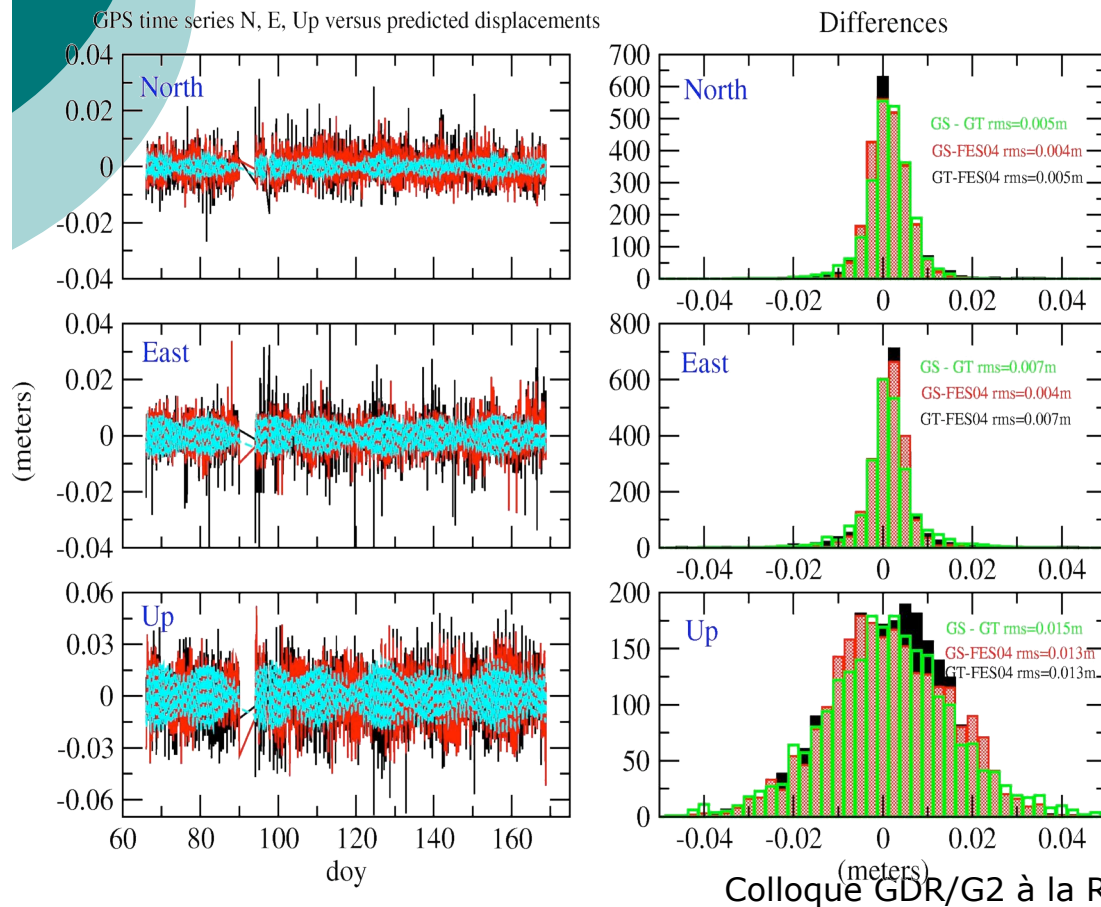
Onde M2, surcharge verticale



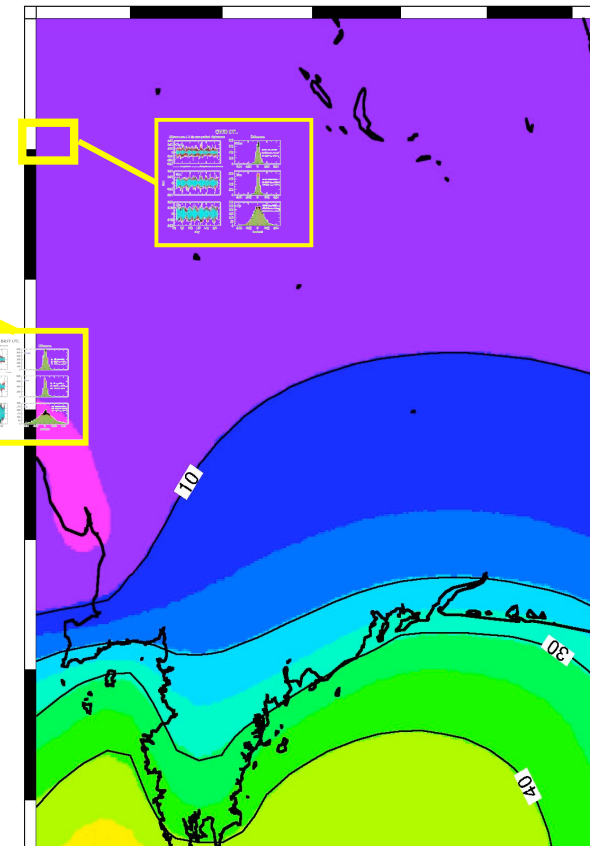
Colloque GDR/G2 à la Rochelle

# Les différences au modèle FES04 et entre logiciels [sol. GINS (SM) – GAMIT (MV)]

## MANS OTL



Onde M2, surcharge verticale



# Les différences au modèle FES04 et entre logiciels [sol. GINS (SM) – GAMIT (MV)]

**Corrélation en Hauteur**

| Site | FES04/<br>GINS | FES04 /<br>GMT | GINs<br>/ GMT |
|------|----------------|----------------|---------------|
| BRST | 0,85           | 0,91           | 0,86          |
| CHER | 0,73           | 0,79           | 0,73          |
| COUT | 0,74           | 0,83           | 0,76          |
| DIBE | 0,85           | 0,92           | 0,86          |
| MANS | 0,41           | 0,55           | 0,46          |
| PAIM | 0,87           | 0,92           | 0,86          |
| RENN | -              | 0,78           | -             |
| TREV | 0,83           | 0,90           | 0,82          |
| YGEA | 0,76           | 0,89           | 0,77          |

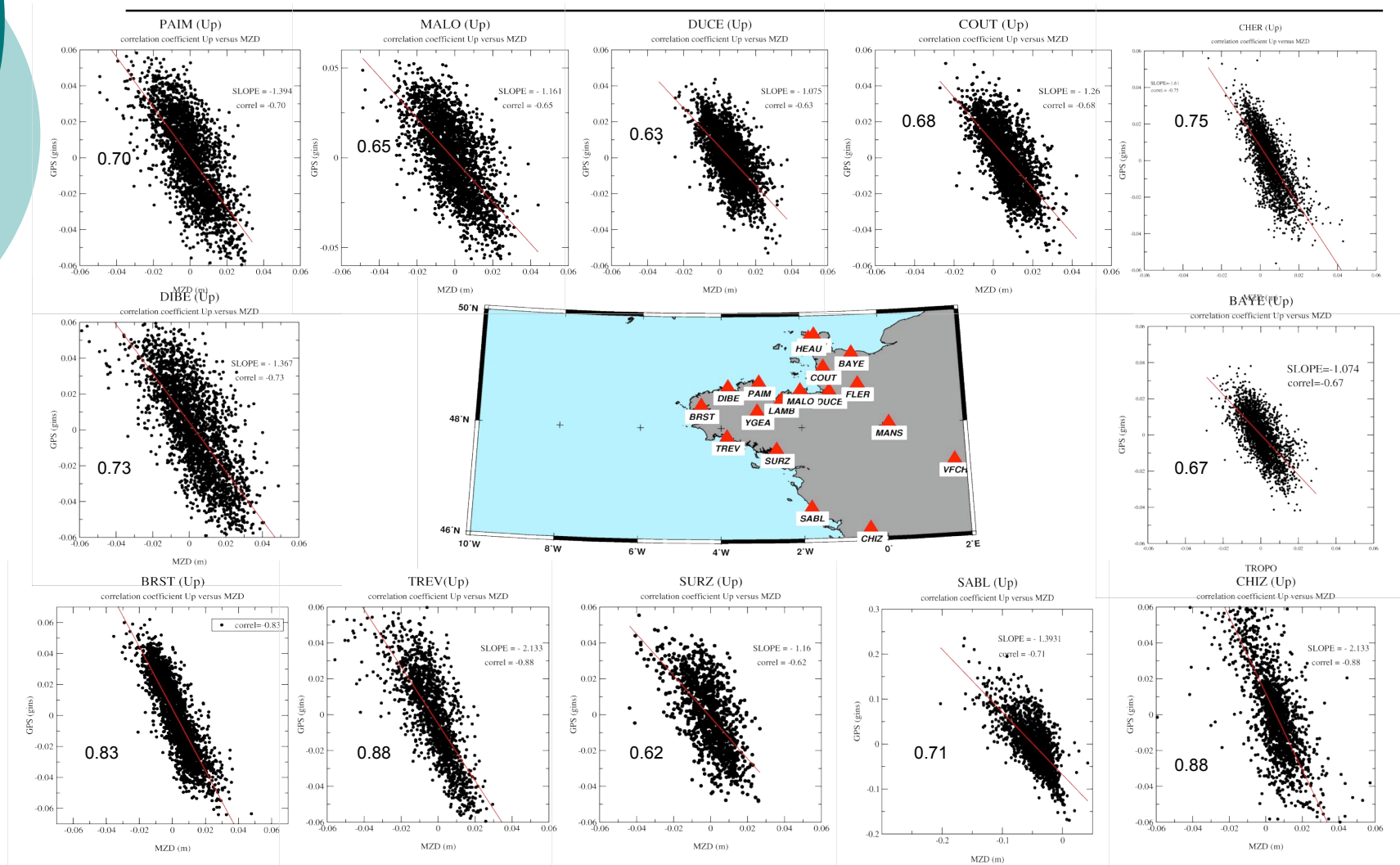
**Corrélation en Est**

| Site | FES04/<br>GINS | FES04 /<br>GMT | GINs<br>/ GMT |
|------|----------------|----------------|---------------|
| BRST | 0,82           | 0,67           | 0,65          |
| CHER | 0,90           | 0,80           | 0,79          |
| COUT | 0,88           | 0,81           | 0,77          |
| DIBE | 0,83           | 0,72           | 0,69          |
| MANS | 0,66           | 0,53           | 0,45          |
| PAIM | 0,84           | 0,72           | 0,70          |
| RENN | -              | 0,65           | -             |
| TREV | 0,82           | 0,69           | 0,66          |
| YGEA | 0,75           | 0,72           | 0,60          |

**Corrélation en Nord**

| Site | FES04 /<br>GINS | FES04 /<br>GMT | GINs<br>/ GMT |
|------|-----------------|----------------|---------------|
| BRST | 0,73            | 0,69           | 0,71          |
| CHER | 0,54            | 0,62           | 0,66          |
| COUT | 0,59            | 0,65           | 0,65          |
| DIBE | 0,78            | 0,75           | 0,79          |
| MANS | 0,41            | 0,48           | 0,54          |
| PAIM | 0,80            | 0,74           | 0,77          |
| RENN | -               | 0,67           | -             |
| TREV | 0,78            | 0,76           | 0,73          |
| YGEA | 0,76            | 0,75           | 0,73          |

# La correlation troposphérique



Colloque GDR/G2 à la Rochelle

# Analyse à haute fréquence

---

- Υ Ajustement des amplitudes des fonctions cos et sin avec des fréquences stables pour les ondes K1,O1,S1,N2,M2,S2,K2,SK3,M4

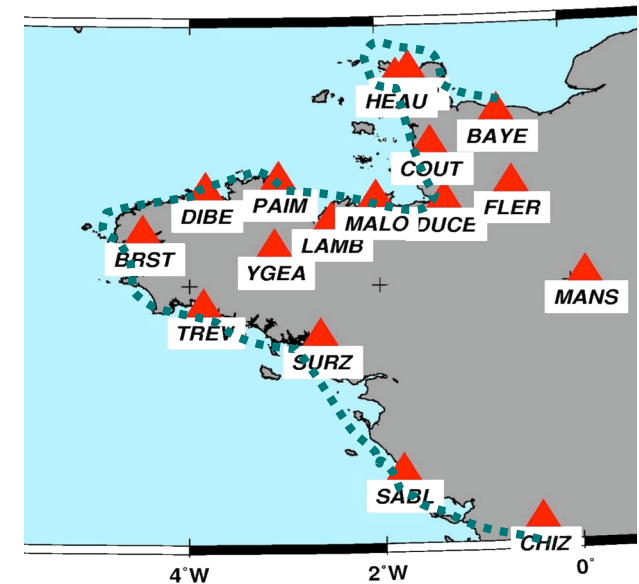
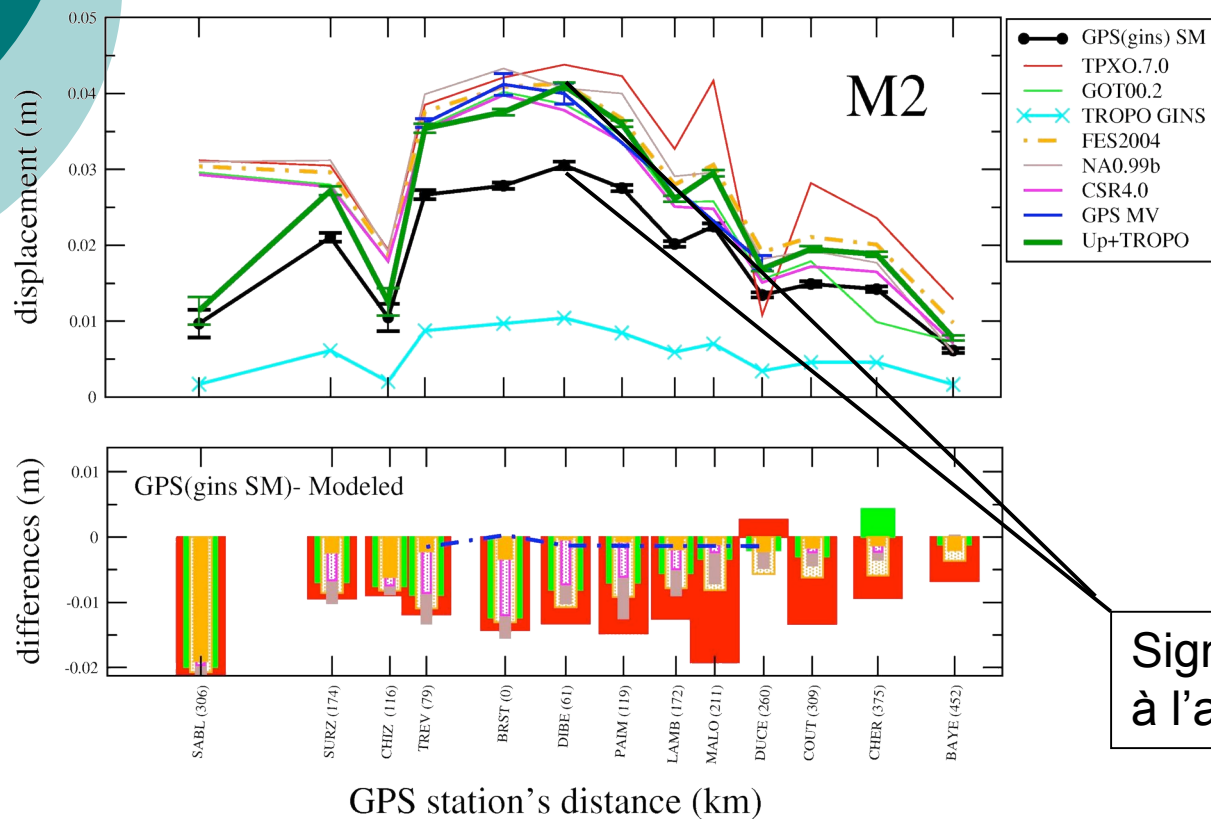
$$\sum_{n=0}^N \left[ y_n - \sum_{l=1}^L (A_l \cos(2\pi f_l t_n) + B_l \sin(2\pi f_l t_n)) \right]^2$$

- Υ Comparaisons des amplitudes au long des côtes par rapport au différents modèles de surcharge

# Analyse à haute fréquence

## M2 amplitude profil along the coastline (Up)

Observed versus modelled vertical displacements

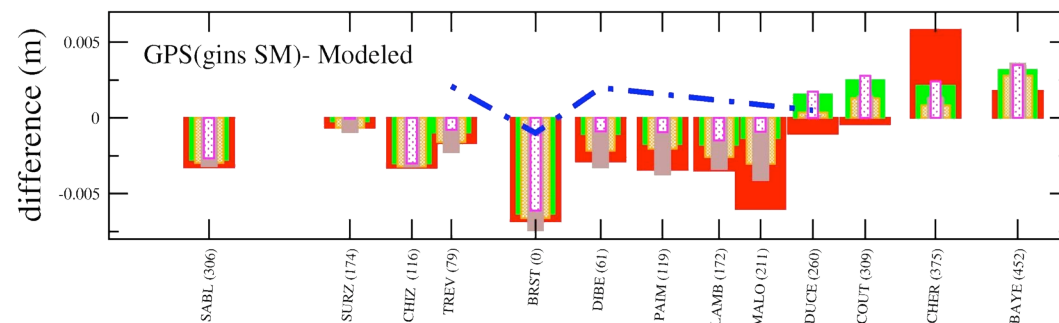
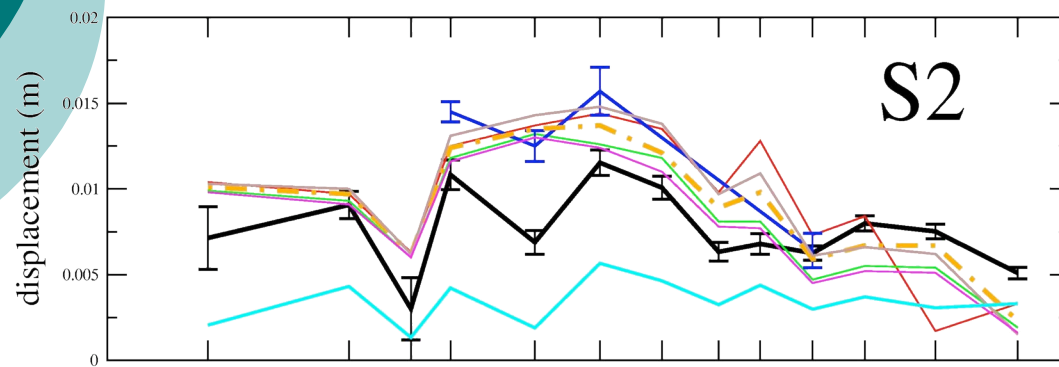


Signal absorbé proportionnel à l'amplitude de surcharge

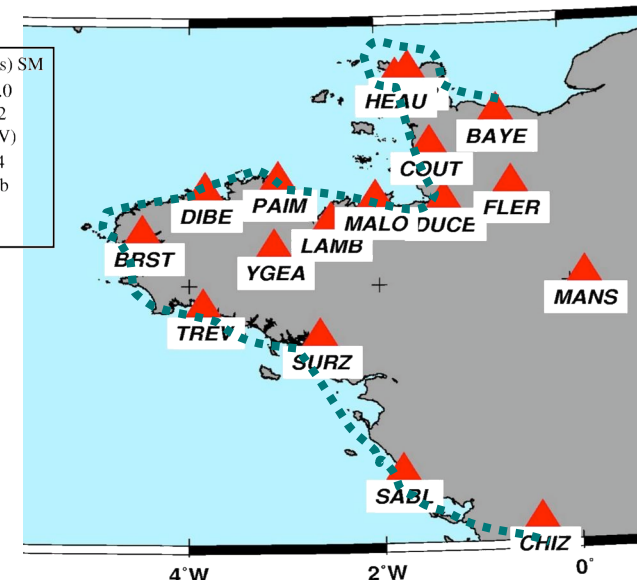
# Analyse à haute fréquence

## S2 amplitude profile along the coastline (Up)

Observed versus modelled vertical displacements



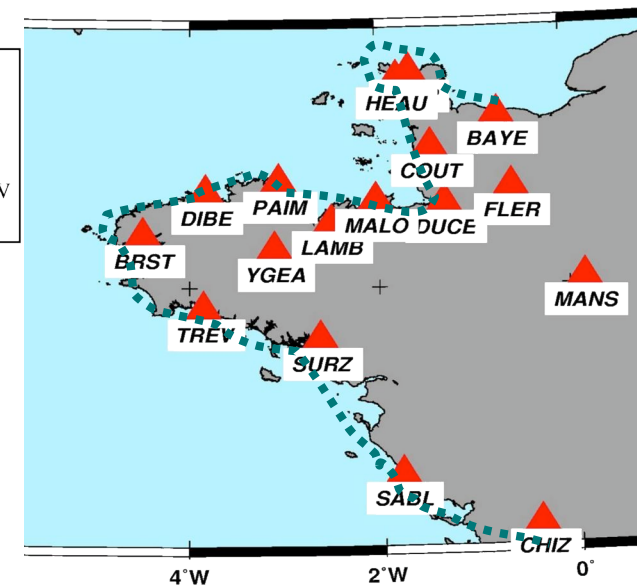
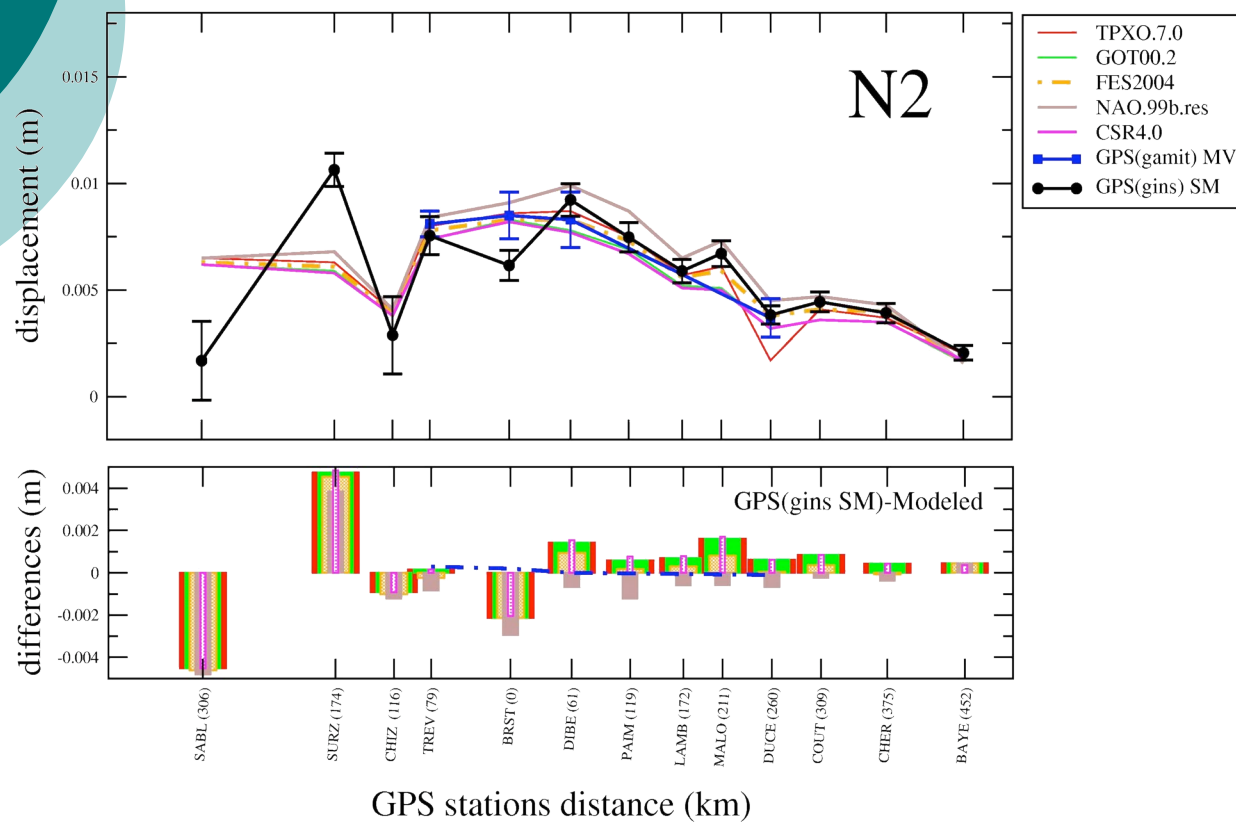
GPS station's distance (km)



# Analyse à haute fréquence

## N2 amplitude profil along the coastline (Up)

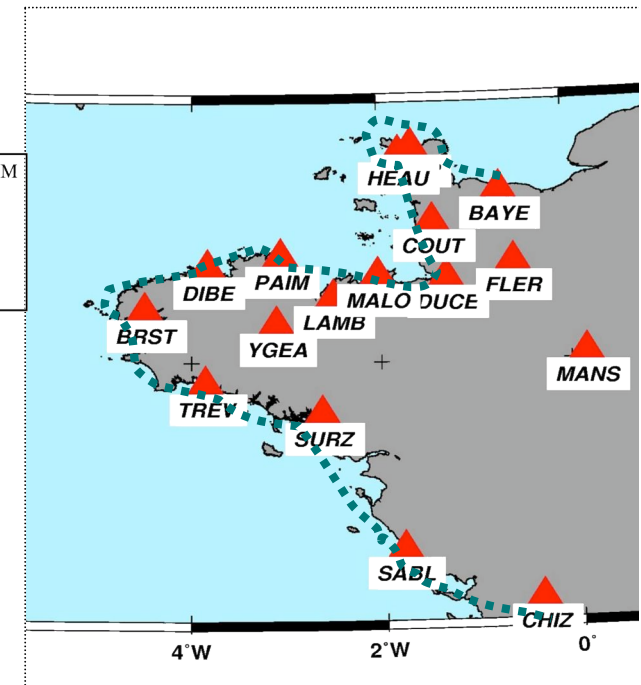
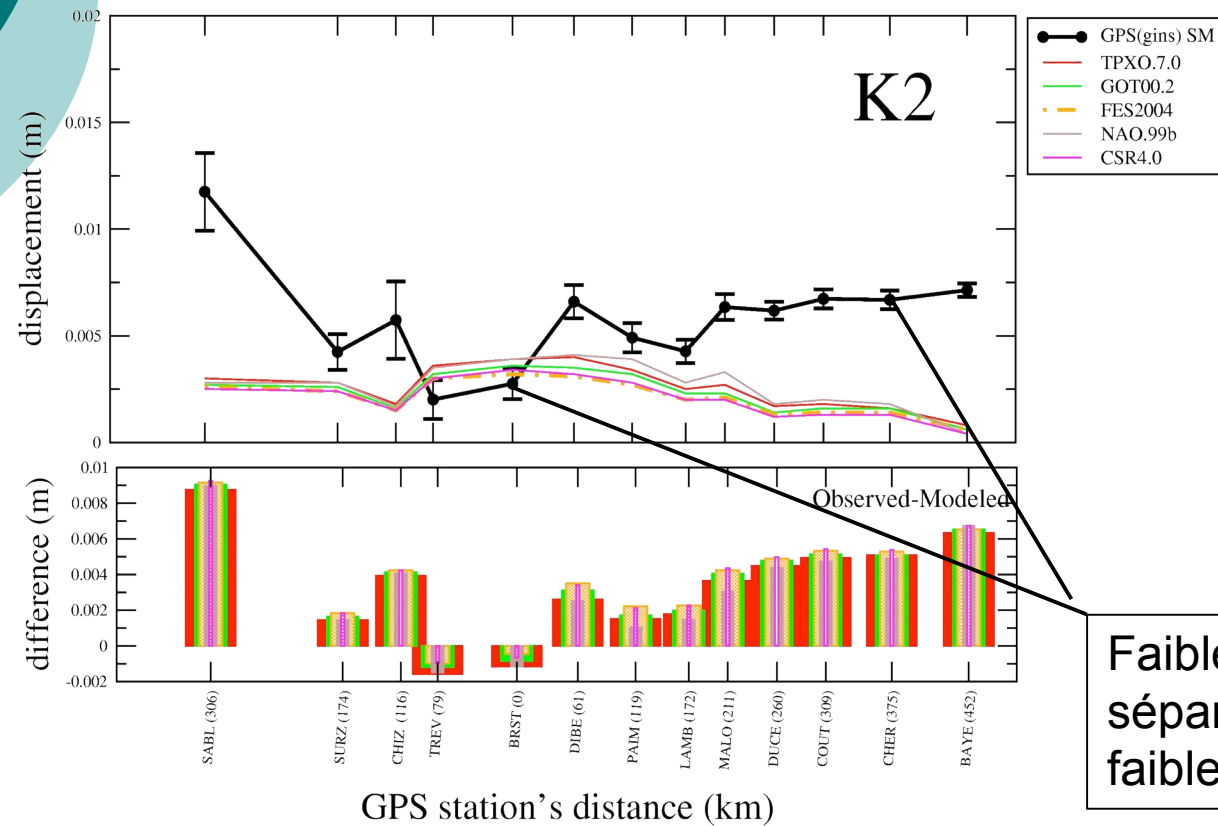
Observed versus modelled vertical displacements



# Analyse à haute fréquence

## K2 amplitude profil along the coastline (Up)

Observed versus modelled vertical displacements

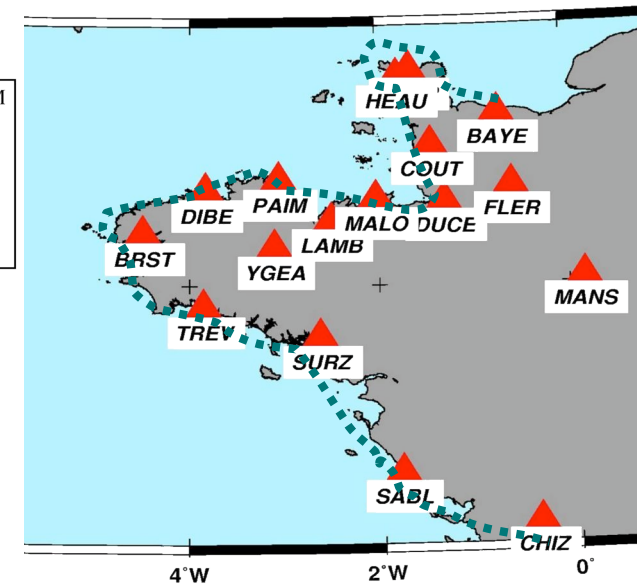
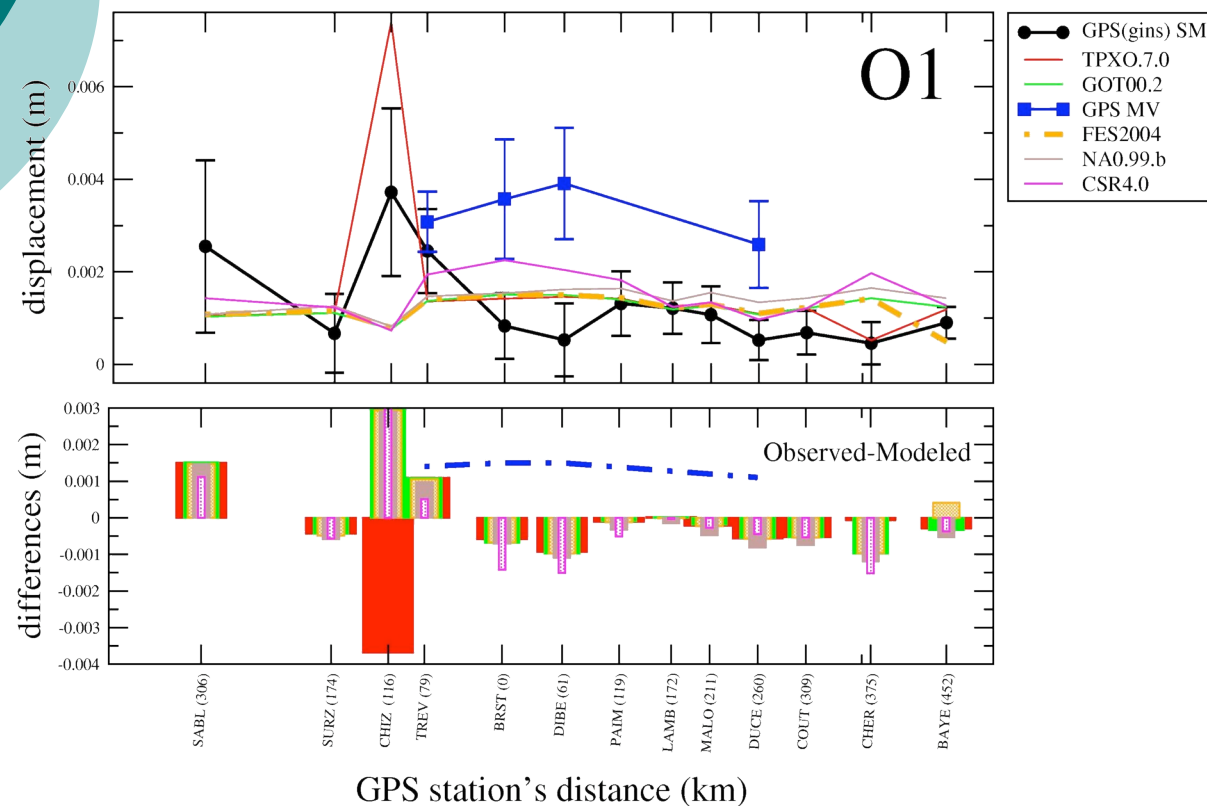


Faible stabilité de la  
séparation aux amplitudes  
faibles

# Analyse à haute fréquence

## O1 amplitude profil along the coastline (Up)

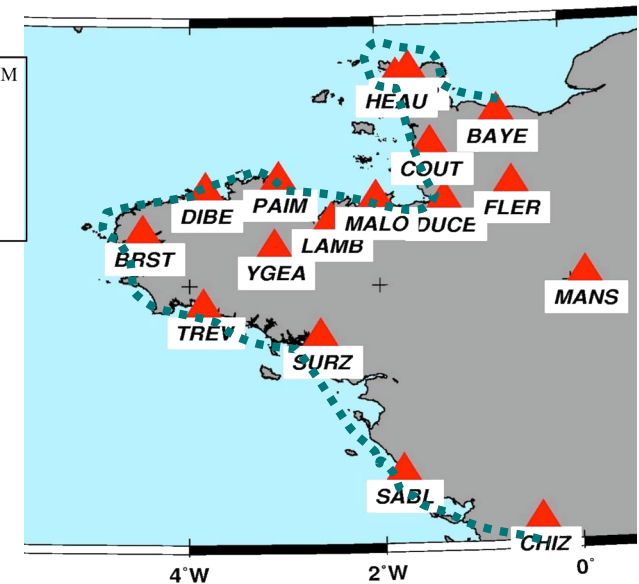
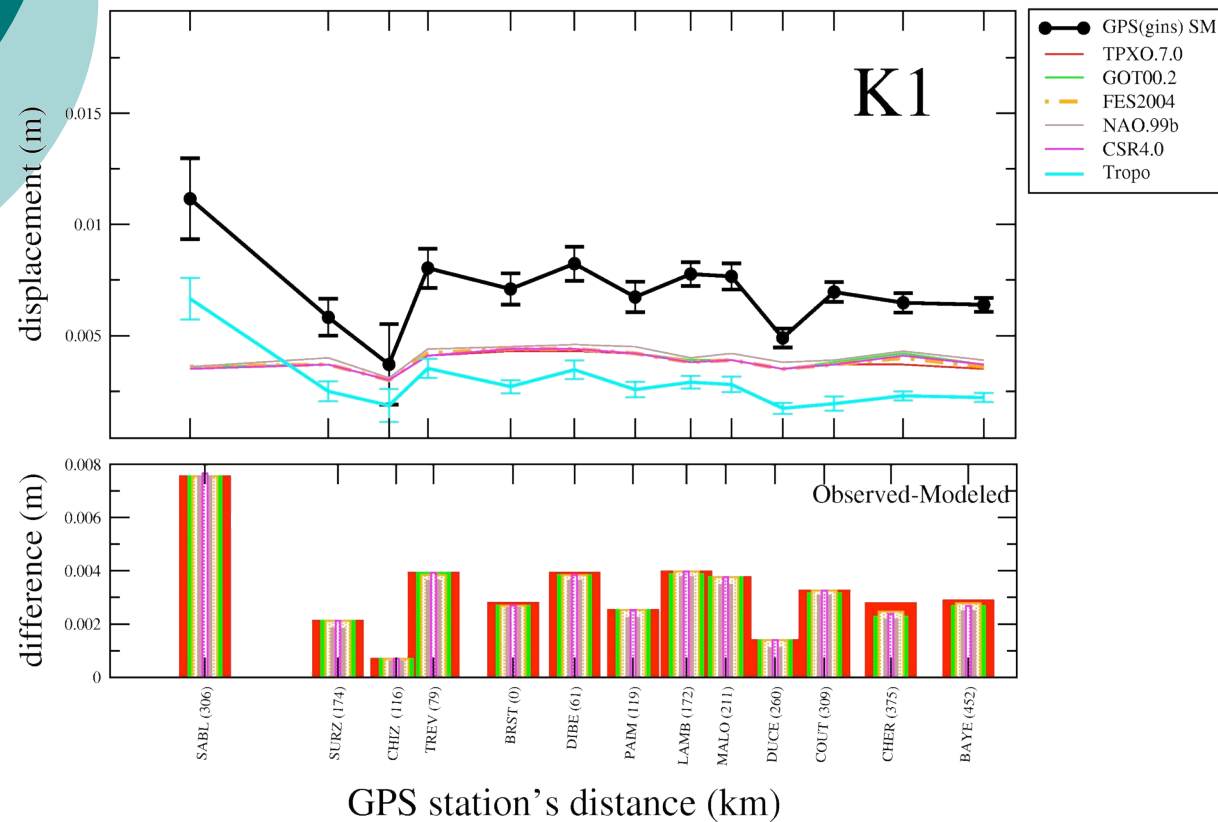
Observed versus modelled vertical displacements



# Analyse à haute fréquence

## K1 amplitude profil along the coastline (Up)

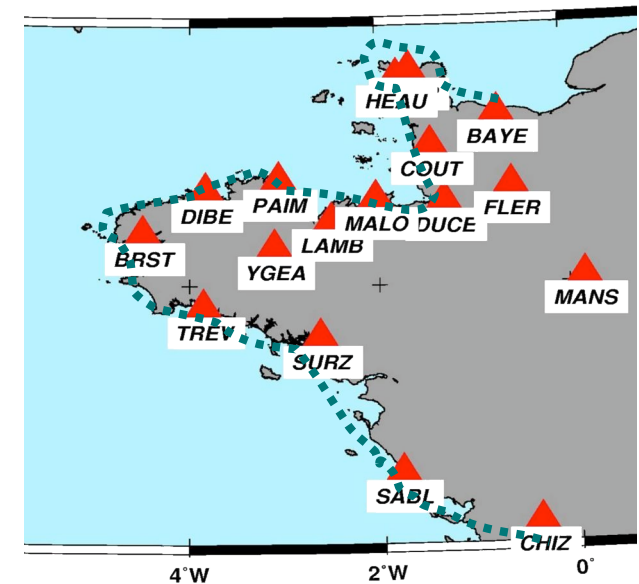
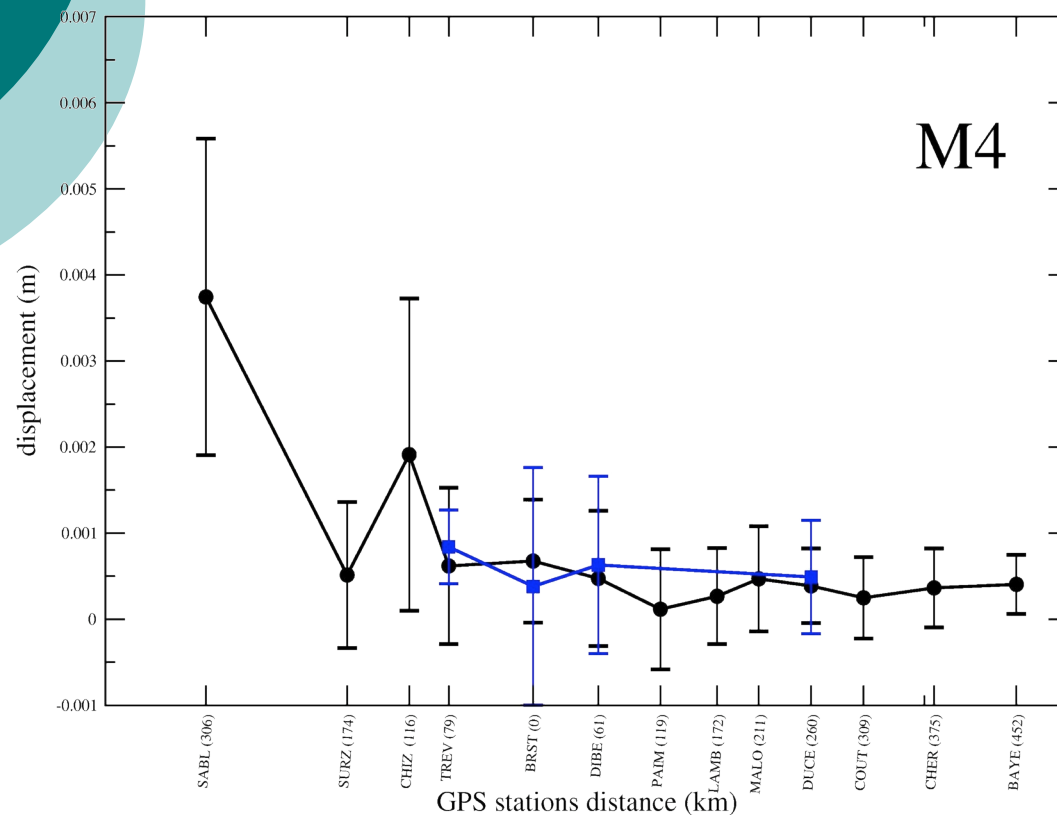
Observed versus modelled vertical displacements



# Analyse à haute fréquence

## M4 amplitude profil along the coastline (Up)

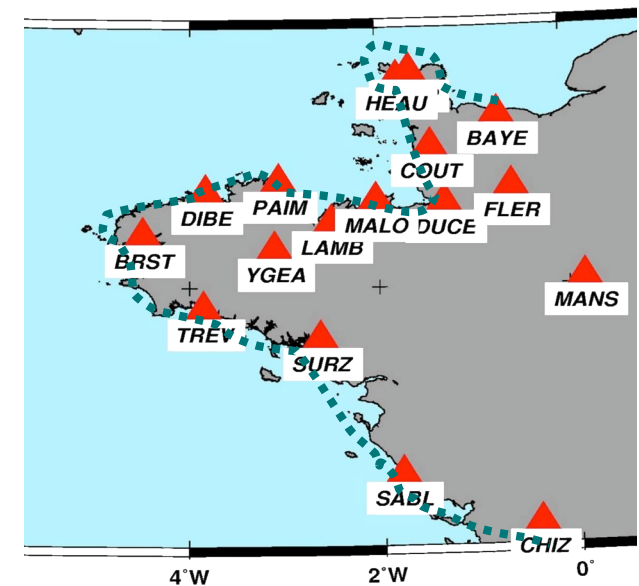
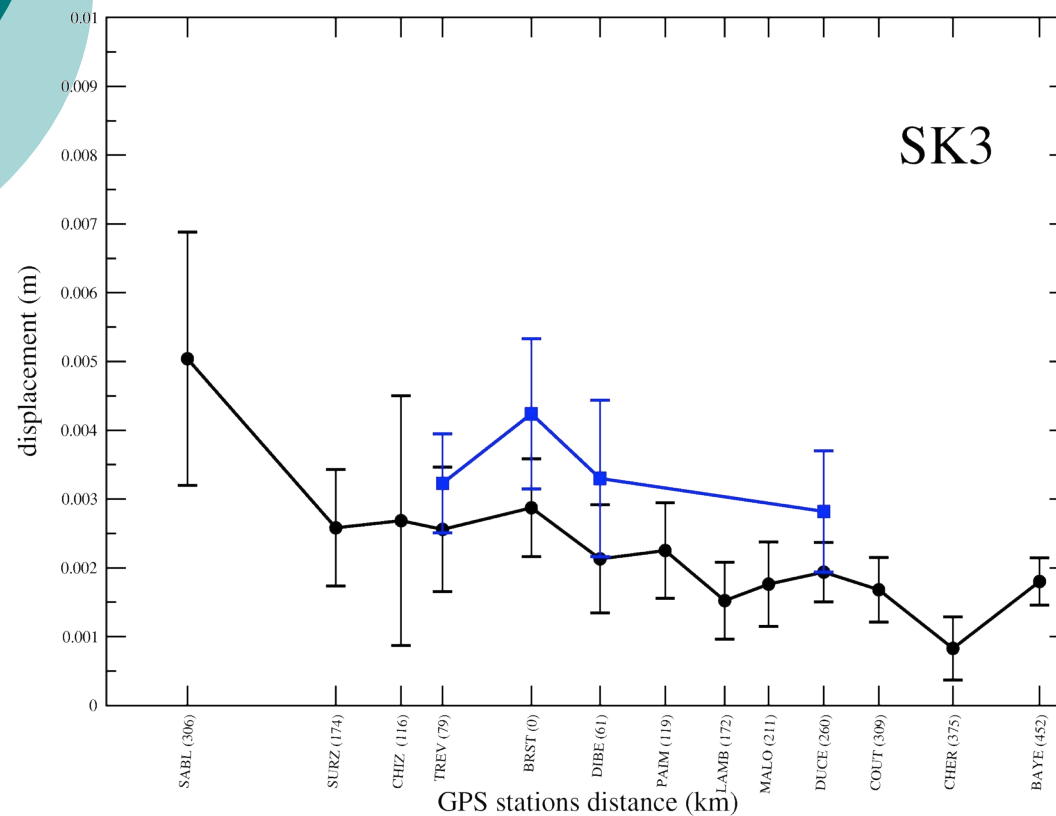
Observed versus modelled vertical displacements



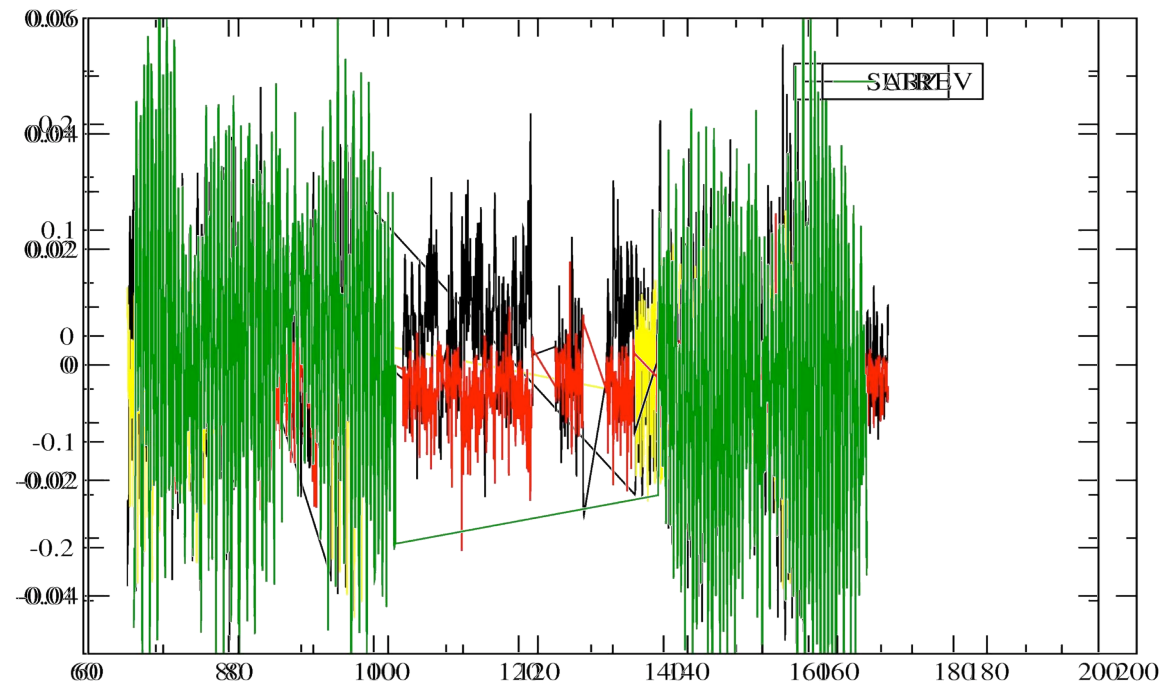
# Analyse à haute fréquence

## SK3 amplitude profile along the coastline (Up)

Observed versus modelled vertical displacements



# Analyse à haute fréquence

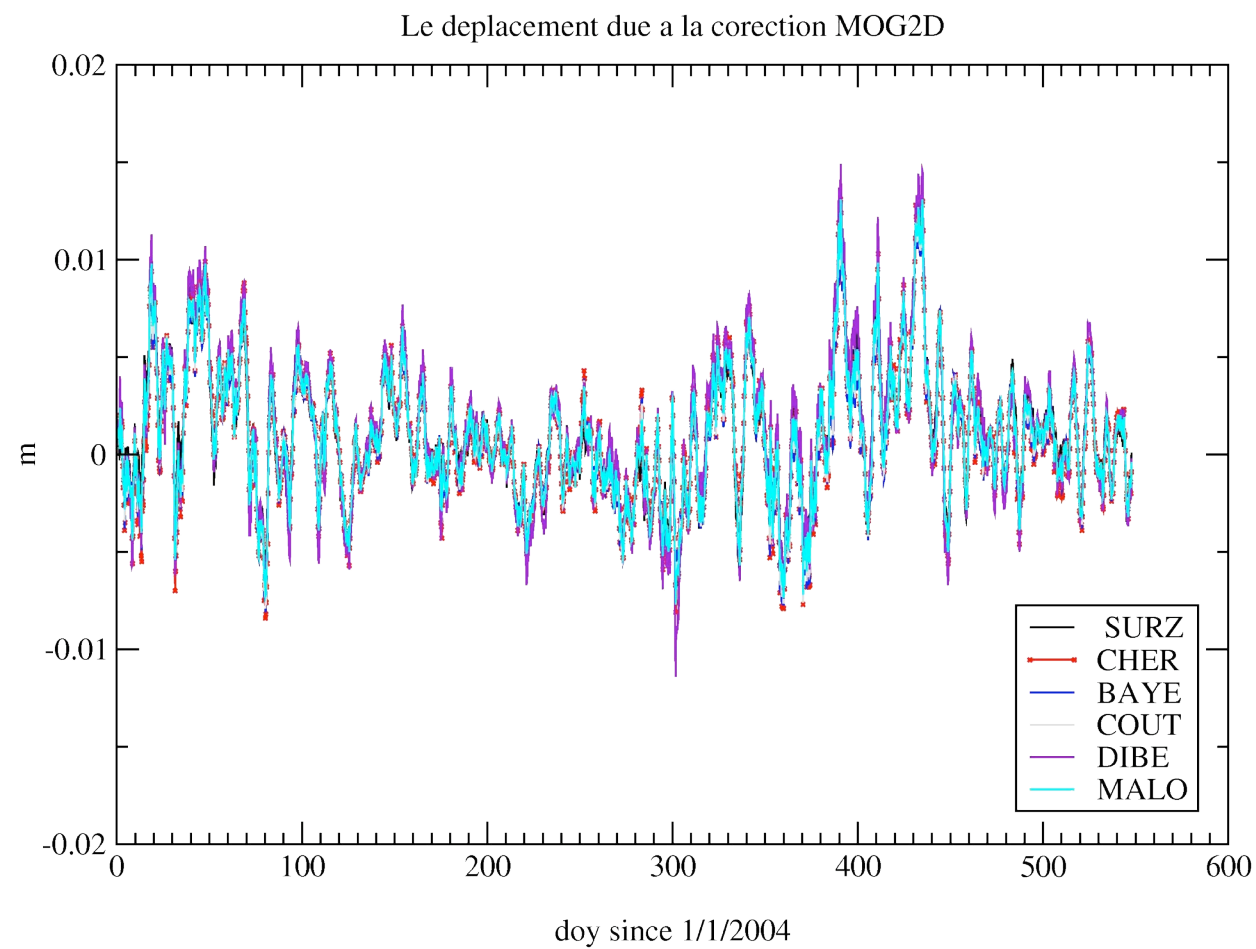




# Conclusions / Perspectives

---

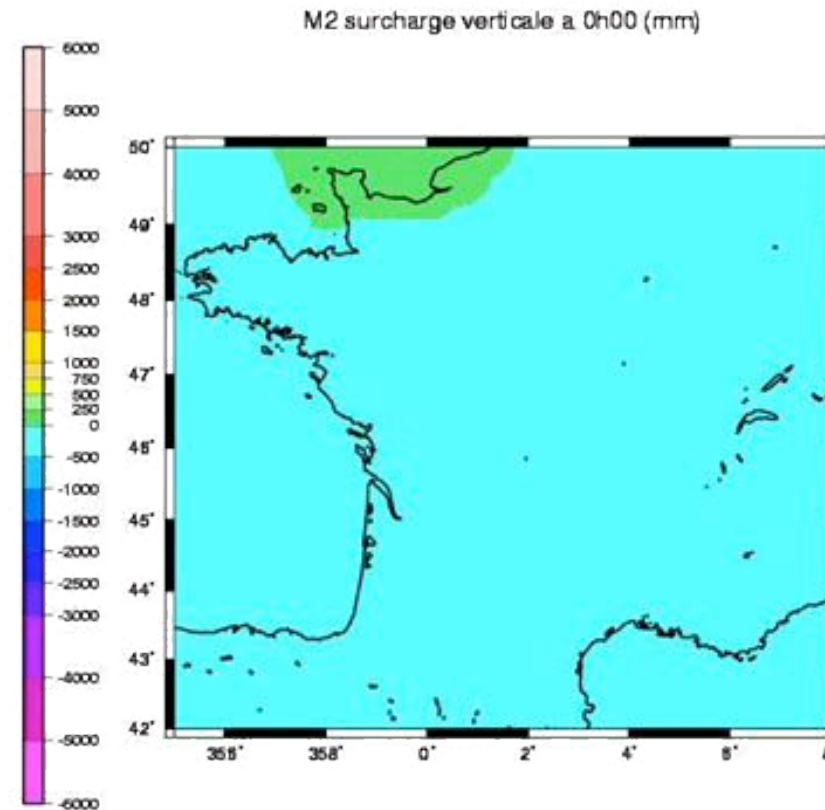
- γ La précision actuelle des obs. GPS nous permet d'analyser les phénomènes de surcharge océanique et valider les modèles actuelles ;
- γ Le temps d'observation de  $\sim 110$  jours n'est pas suffisant pour la séparation des ondes le plus proches comme : P1 de K1, K2 de S2, S2 de T2, S3 de SP3 et SK3. Des observations d'un an et plus seront nécessaires;
- γ Les différences entre modèles et observations GPS ne sont pas négligeables;
- γ Dans tous les cas il existe un rapport entre période d'observation nécessaire pour la séparation d'ondes et amplitude d'onde en question ;
- γ L'ampleur d'impact des artefacts issues de l'absorption du signal (principalement en vertical) sur le paramètres troposphériques dépend aussi de l'amplitude de surcharge sur la station;
- γ Les impacts des artefacts sur les solutions issues des différents logiciels ne sont pas toujours les mêmes;
- γ La comparaison du modèle issue des traitements GPS doivent être complétées au niveau des phases pour chaque onde;
- γ Un modelé régional de surcharge océanique à partir de résultats GPS peut être utilisé pour contraindre une solution régionale d'un modèle quelconque et restituer les nombres de Love de déformation **local!!! (utilisation des futures réseaux permanents denses = TERRIA)**



# Merci pour votre attention .....

## Des questions? .....

---



Colloque GDR/G2 à la Rochelle