

Modèles de pression de radiation

Pratique courante :

diverses méthodes de génération

diverses modélisations

- modèles 'Box and Wings'

 - exact pour Grace, en général approximatif (Jason 2)

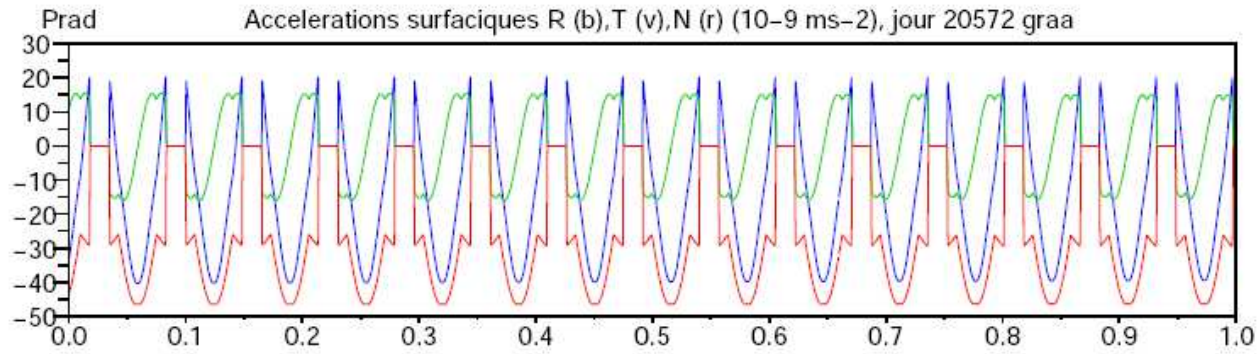
- modèles tabulés

Exemple Grace, étude en cours, comparaison accéléromètre

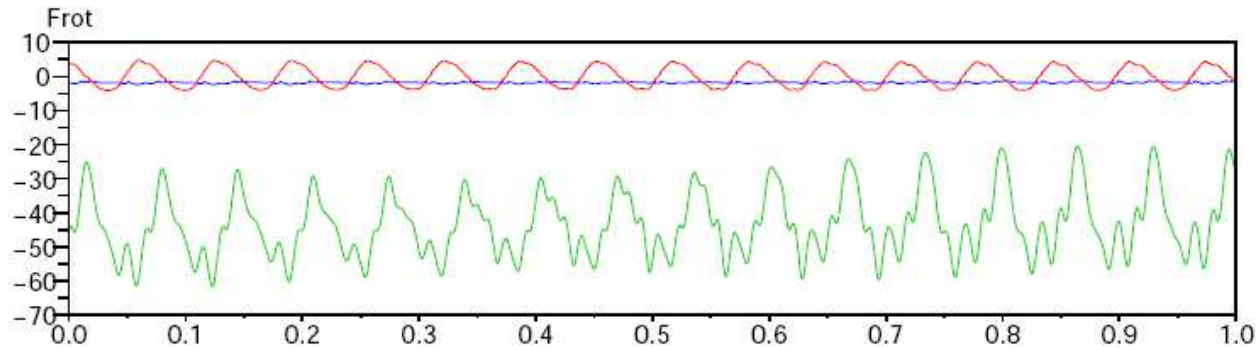
Modèles Jason 2-Jason 3

Accélérations modèles Grace A

Radiation
solaire



Frottement



Albedo+IR
terrestre

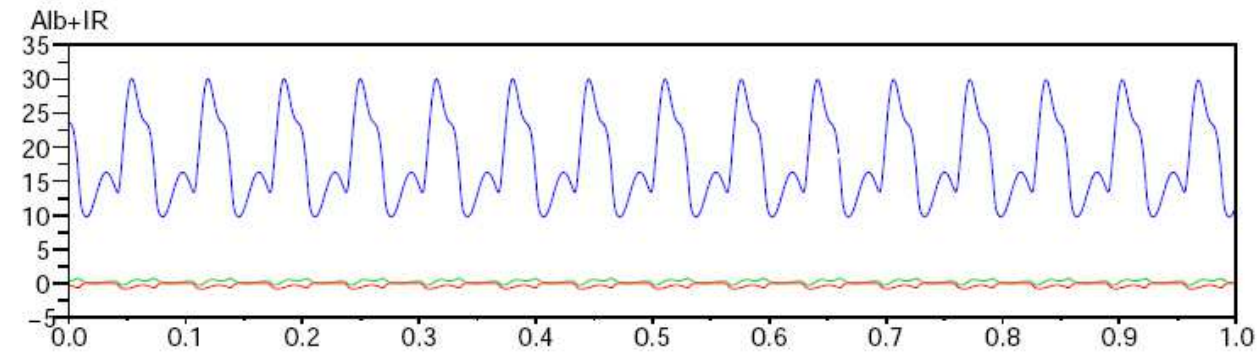


Figure 4: Accélérations des forces de surface, satellite Grace A, 30/04/2006

Comparaison Accéléromètre

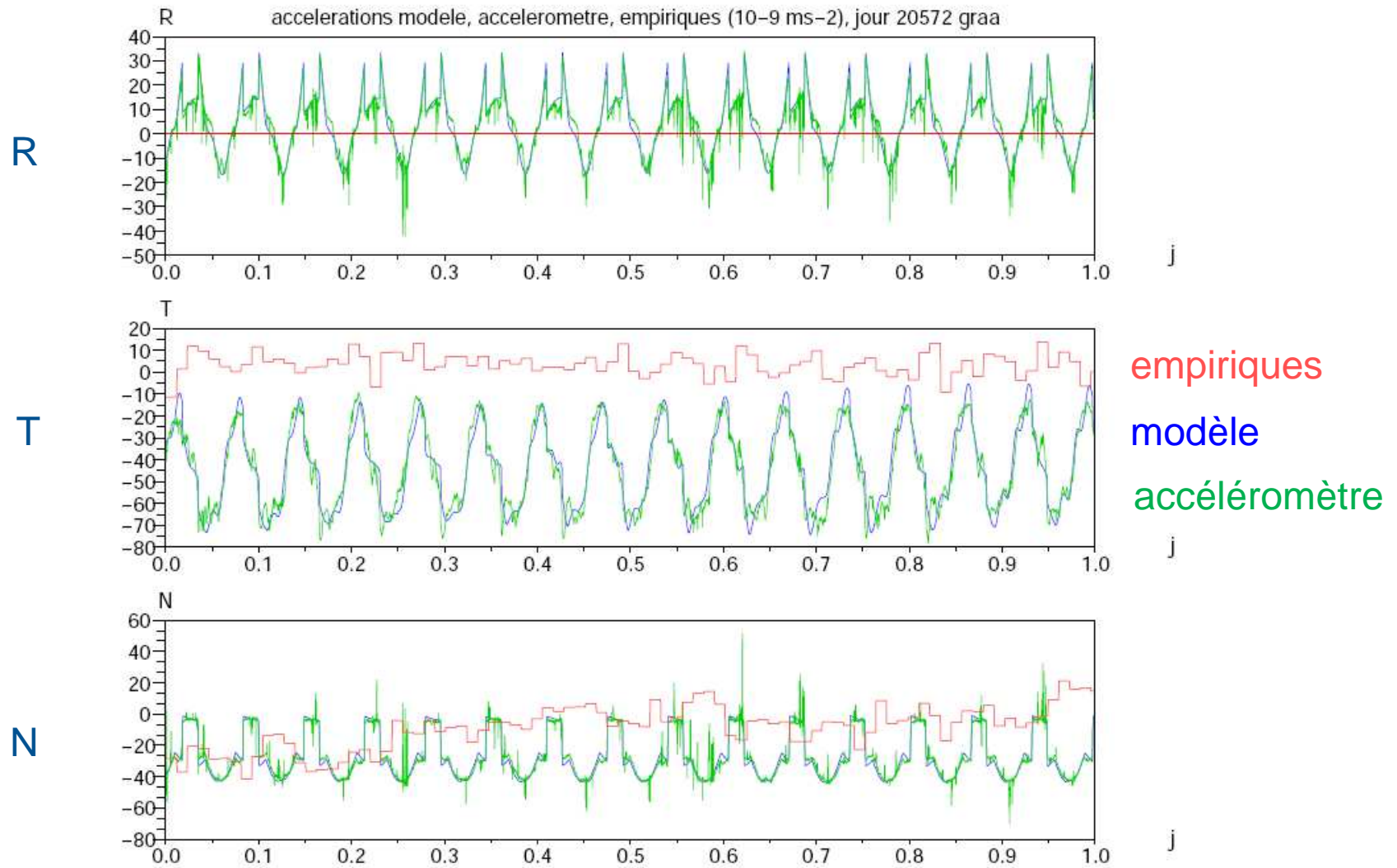


Figure 5: Comparaison des accélérations modélisées et des mesures accélérométriques, satellite Grace A, 30/04/2006

Accélérations résiduelles, ajustées

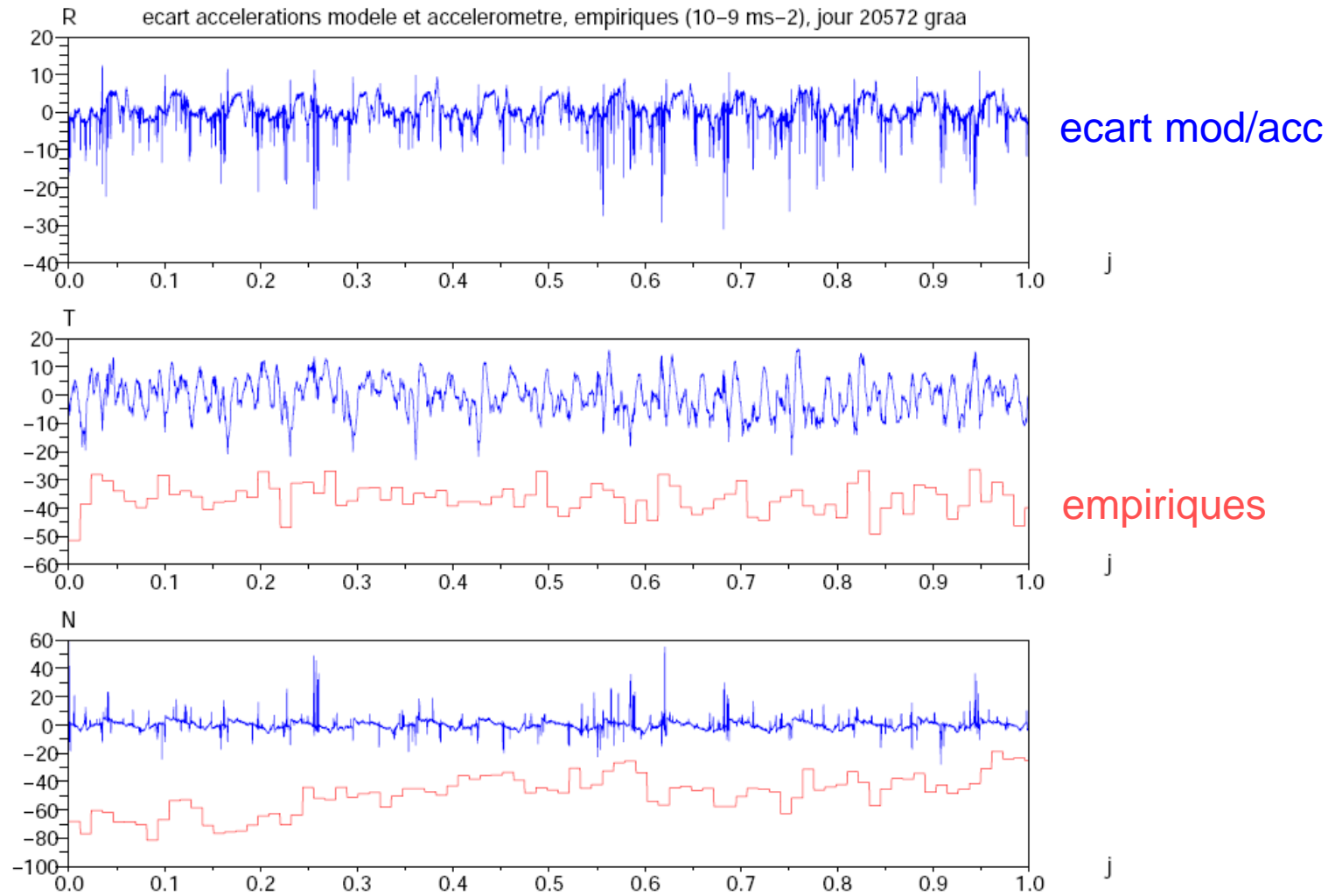


Figure 6: Comparaison des accélérations empirique et des écarts modèle-mesures, satellite Grace A, 30/04/2006, les accélérations empiriques ont été décalées de $-40 \cdot 10^{-9} \text{ ms}^{-2}$

Performance du paramétrage (durée segments accélération)

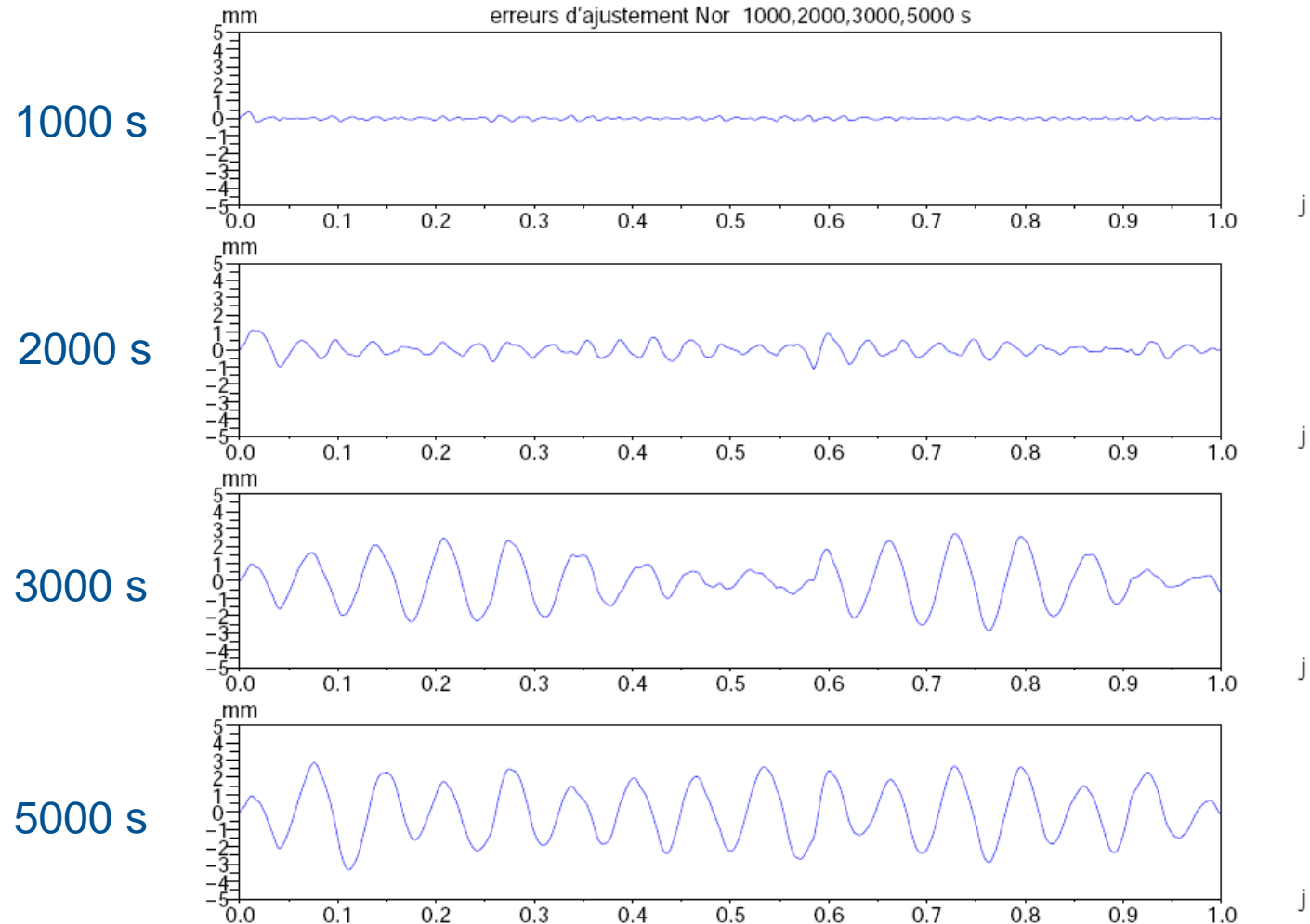
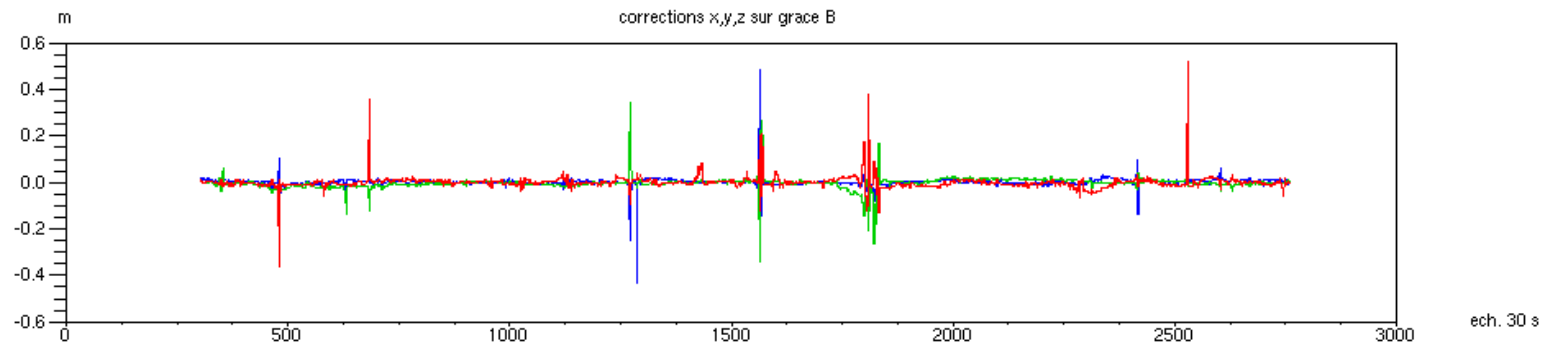
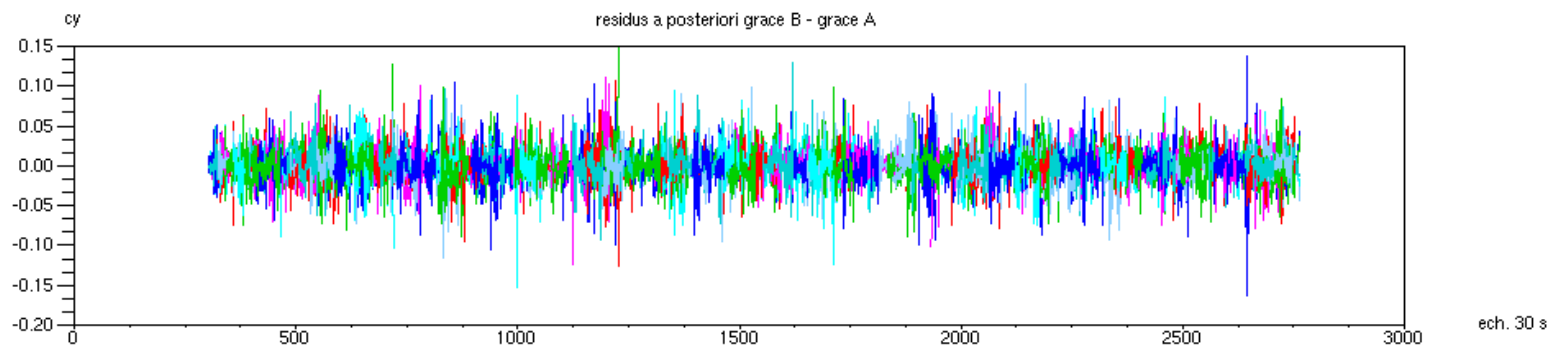
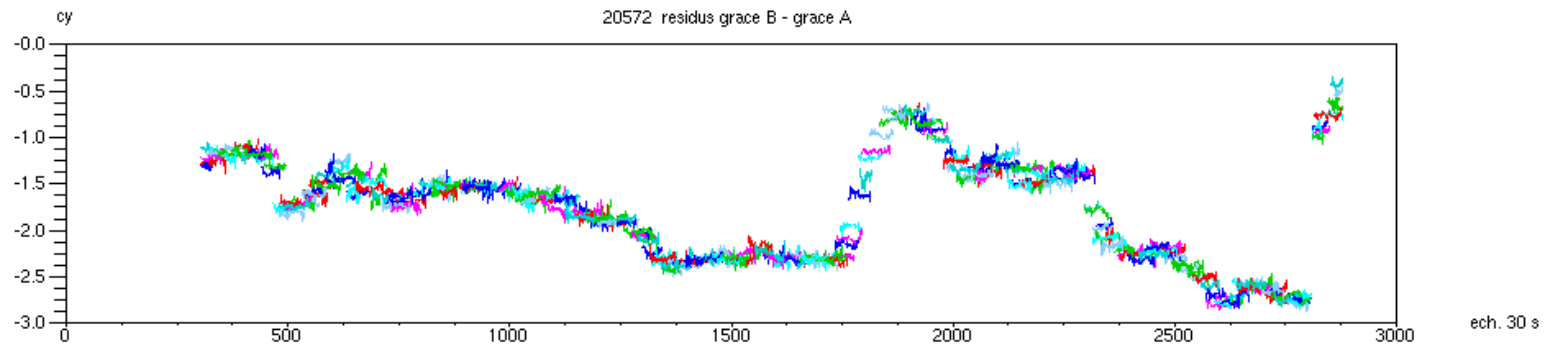


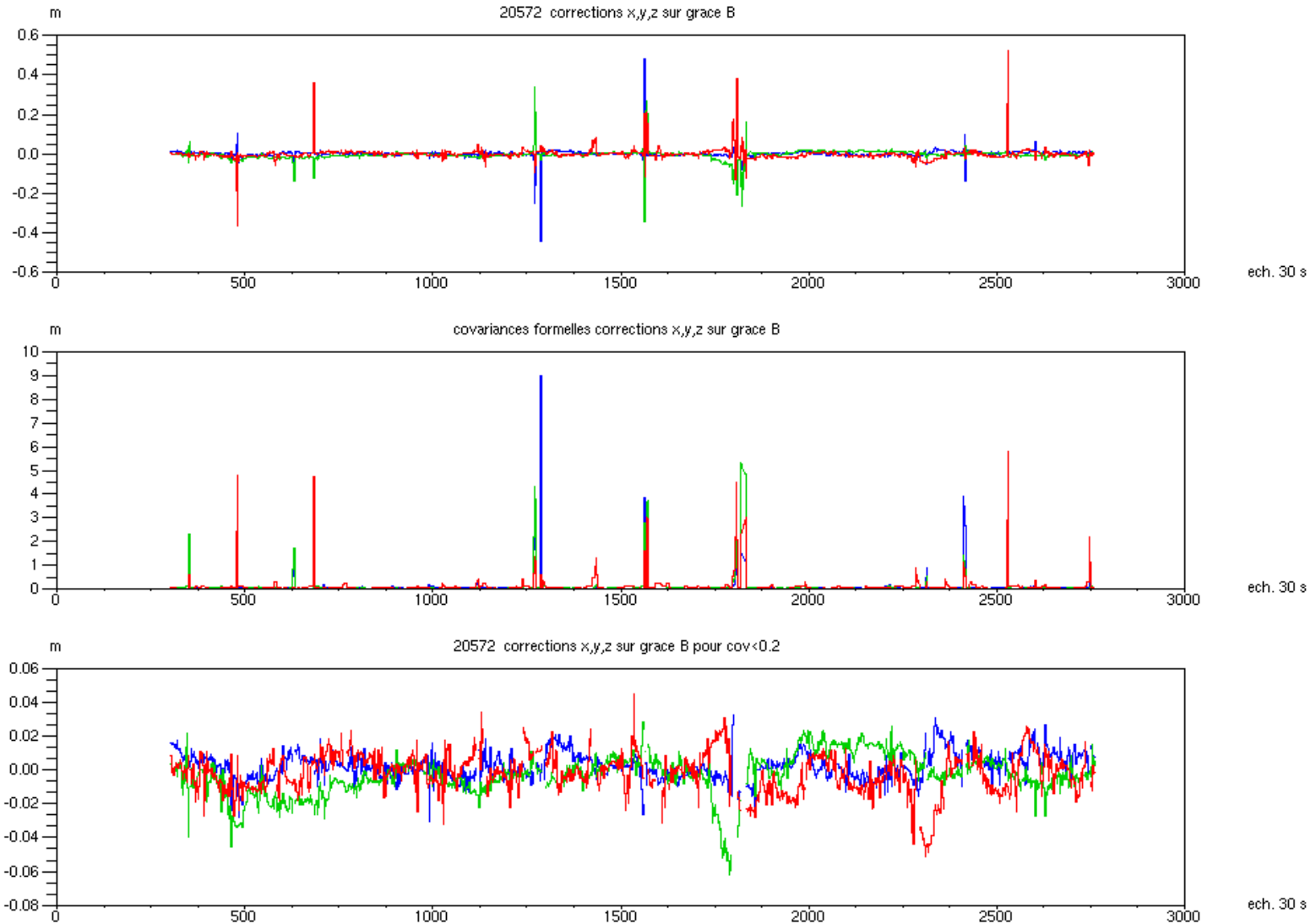
Figure 7: Résidus en position après intégration des erreurs d'accélération, et ajustement de segments d'accélération constante de durée τ de 1000s, 2000 s, 3000 s, 5000 s

Residus grace B – grace A, ambiguïtés flottantes

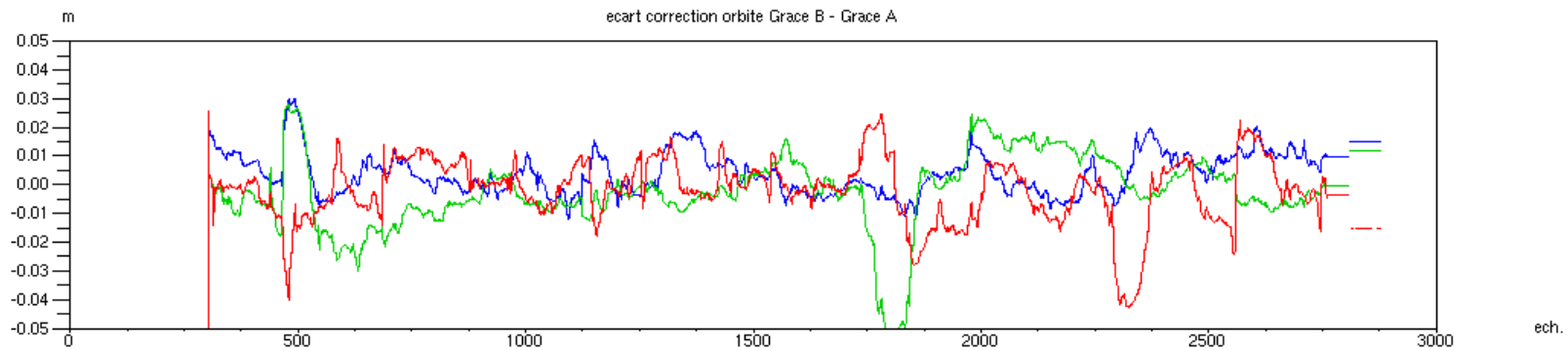
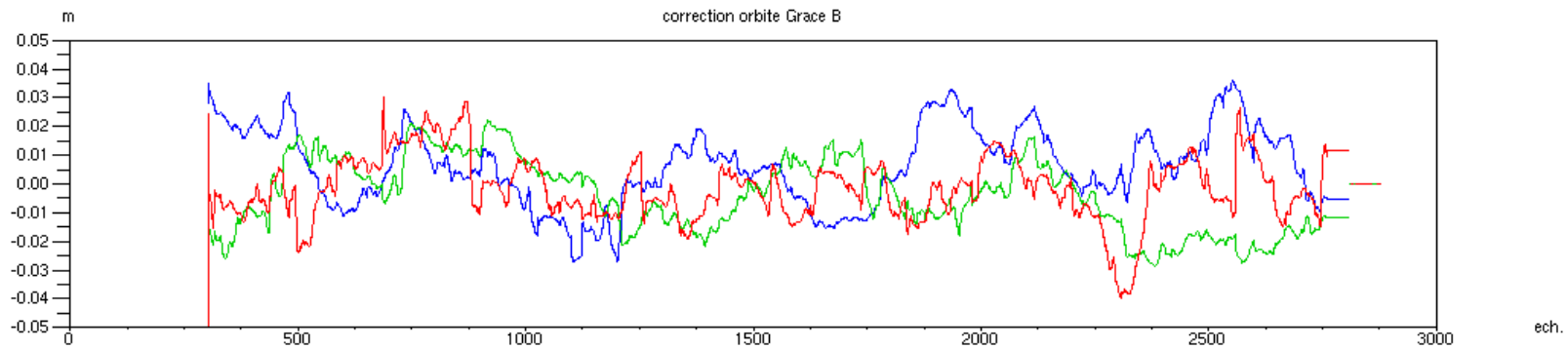
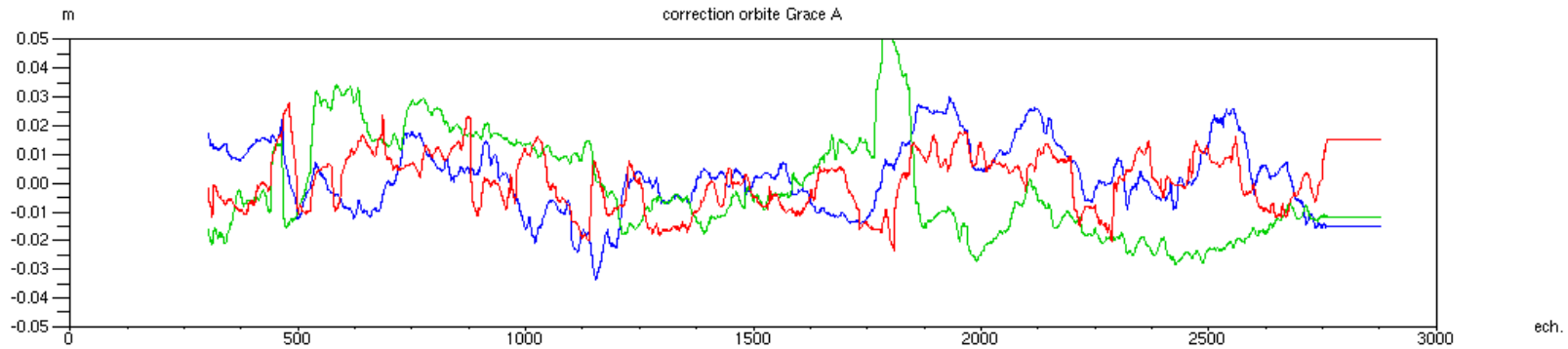
1 cy



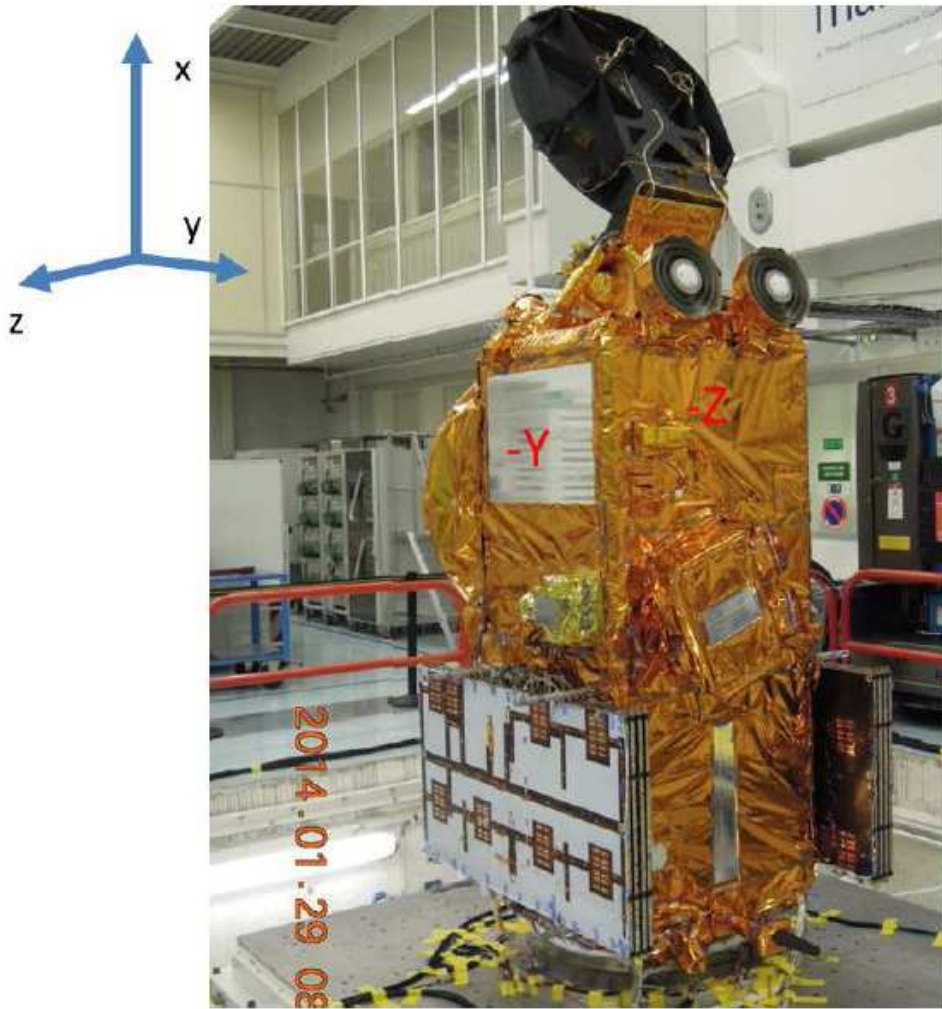
Corrections relatives



Corrections absolues



Jason 3



Modèles Jason

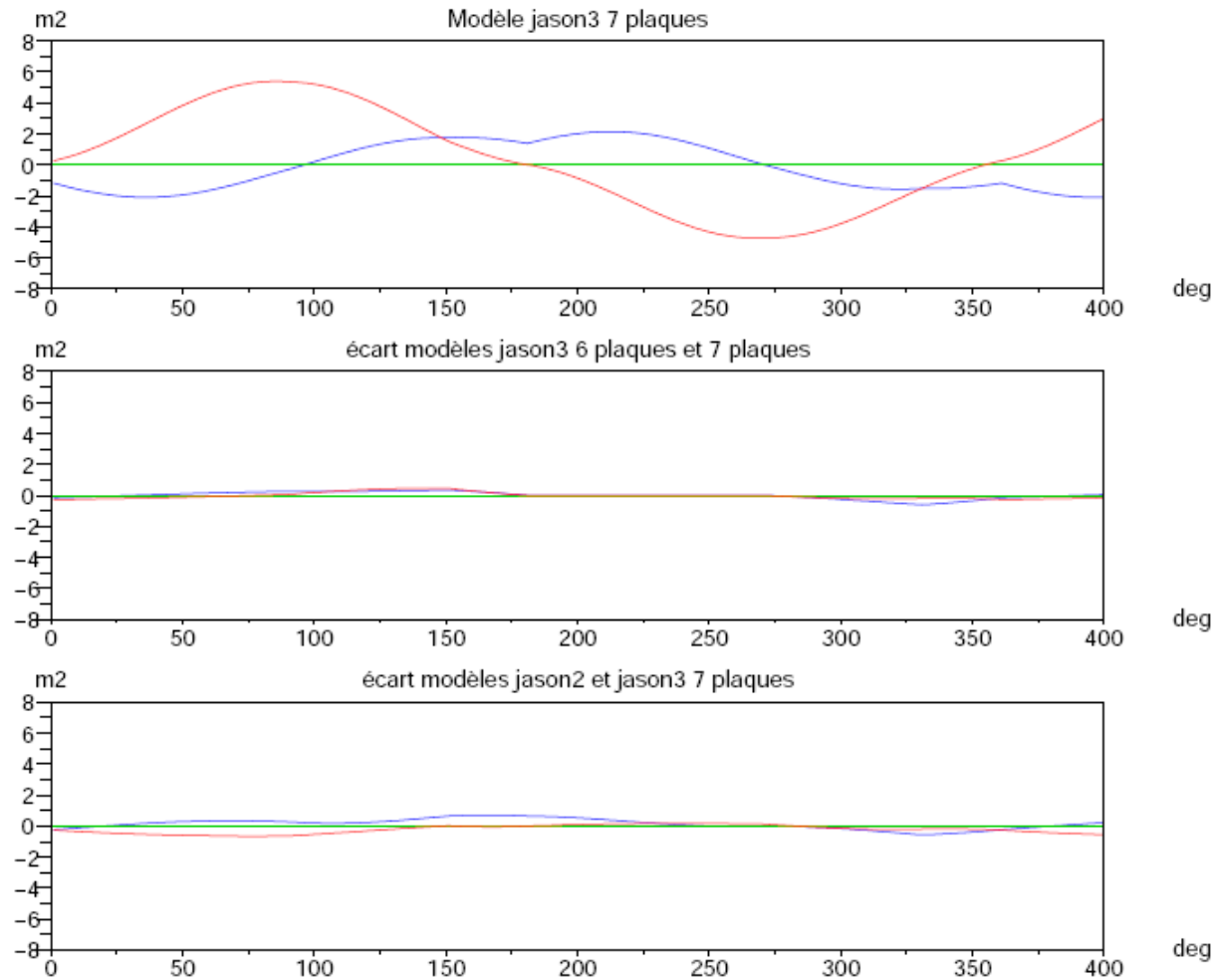
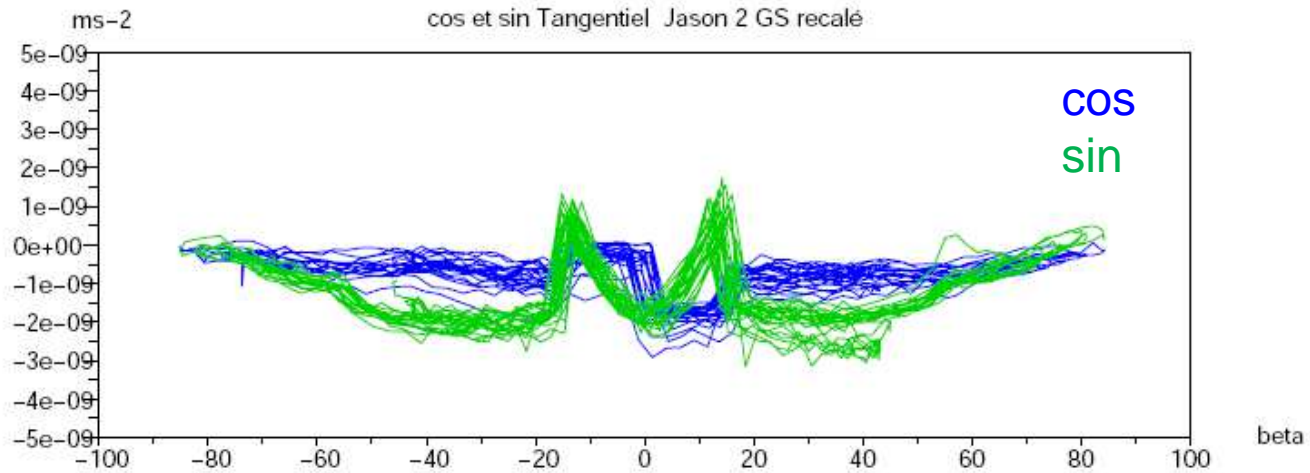


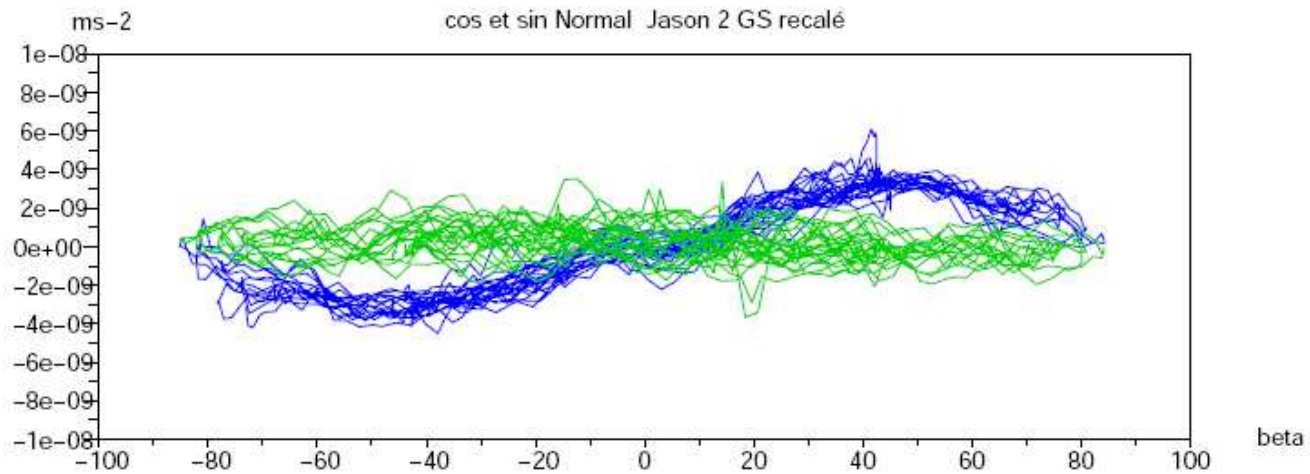
FIG. 3 – Comparaison des accélérations des modèles Jason 2 et Jason 3 (6 ou 7 plaques)

Jason 2 courant (GS recalé), termes 1/rev

Tangentiel



Normal



Sensitivity to periodic excitations

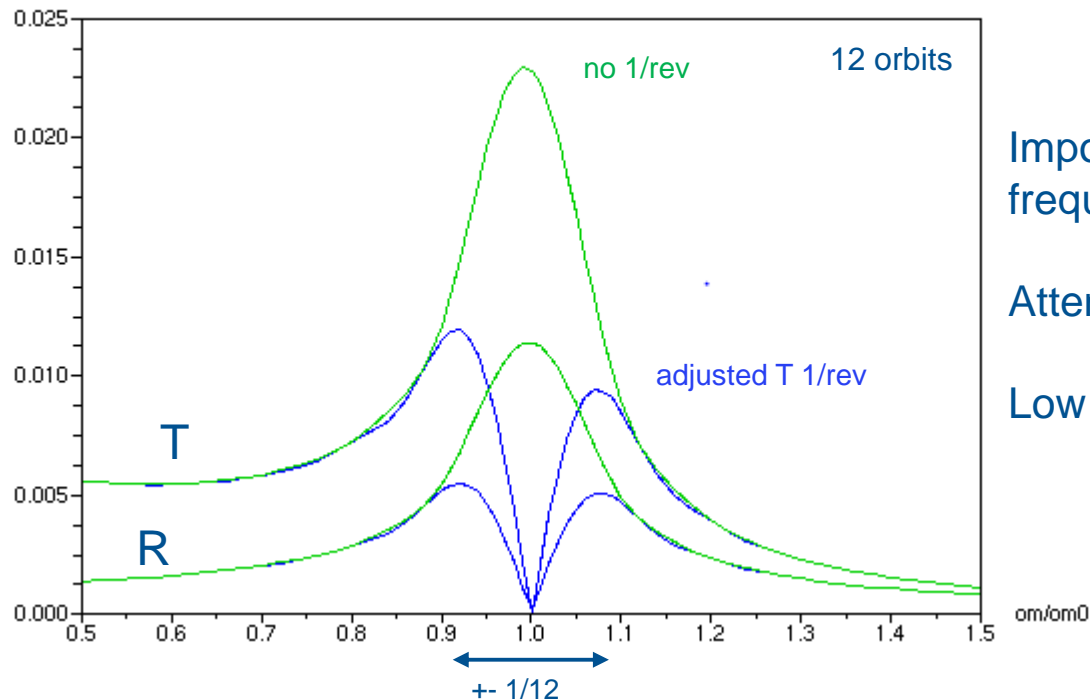
Radial orbit determination performance, with unknown periodic excitations and with standard parameters (empirical terms)

in plane : how do the T 1/rev terms (frequency ω_0) mitigate the possible model errors ?

tests : R or T perturbation with frequency ω , 0.1m² absorbing surface (1 10⁻⁹ ms⁻²), 12 orbits

$\omega/\omega_0 = 1.02$ or 0.98	:	0.002	to 0.005 m
$\omega/\omega_0 = 1.08$ or 0.92	:	0.005	to 0.012 m
$\omega/\omega_0 = 2$:		< 0.0005 m

R (m) Radial error for 0.1 m² prad in R or T direction, 1/rev in T adjusted or not, 12 orbits



Important amplitude variations for frequencies close to ω_0

Attenuation bandwidth $\sim \omega/\omega_0 \pm 1/12$

Low sensitivity to harmonics ($\omega/\omega_0 = 2, 3, \dots$)

Consequences for radiation pressure models

Without 1/rev empirical accelerations, a high precision SRP is needed
to have a radial effect below 5 mm, 12 orbits arcs : better than 0.02 m^2 ($0.2 \cdot 10^{-9} \text{ ms}^{-2}$)

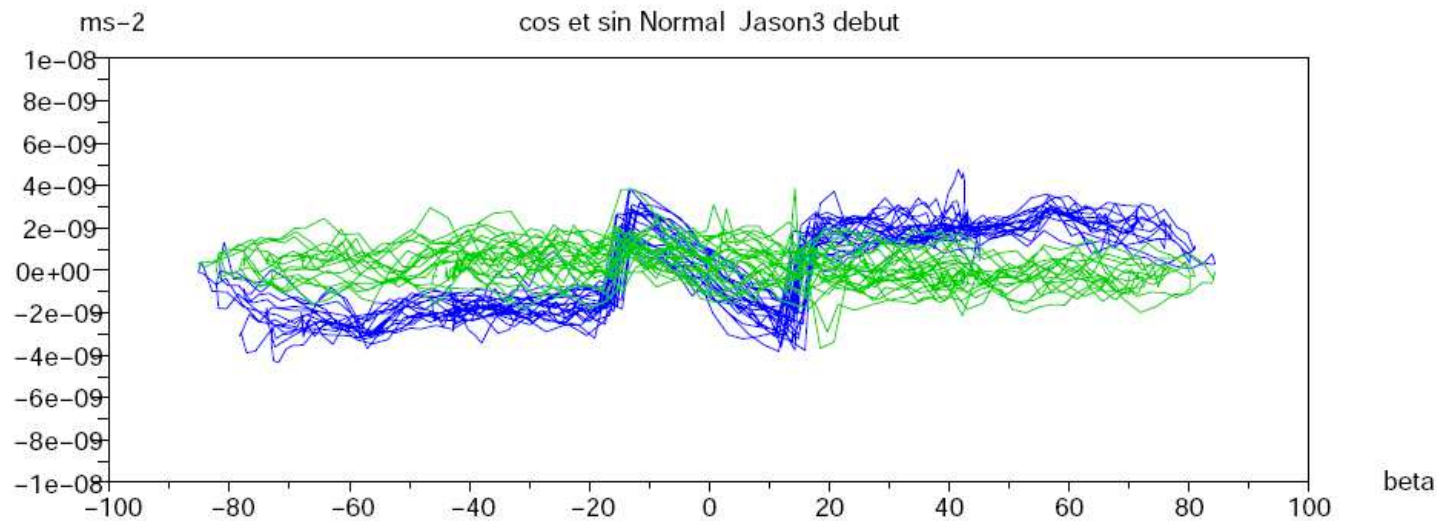
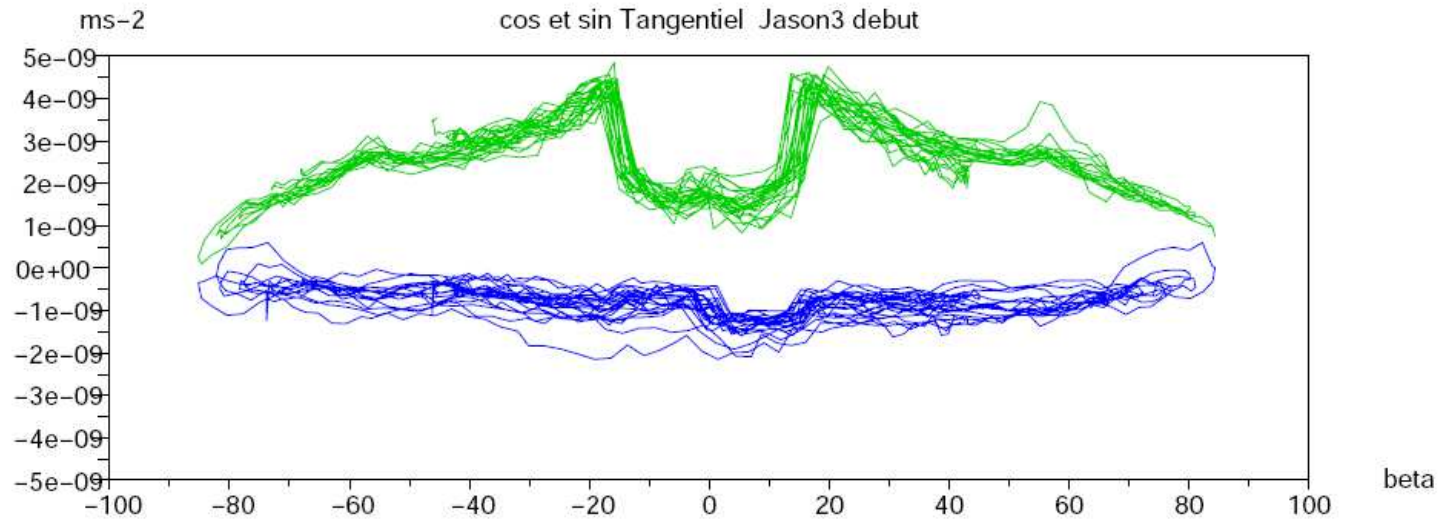
→ not realistic without model adjustment
use of 1/rev T, N empiricals

Frequency contents for SRP accelerations

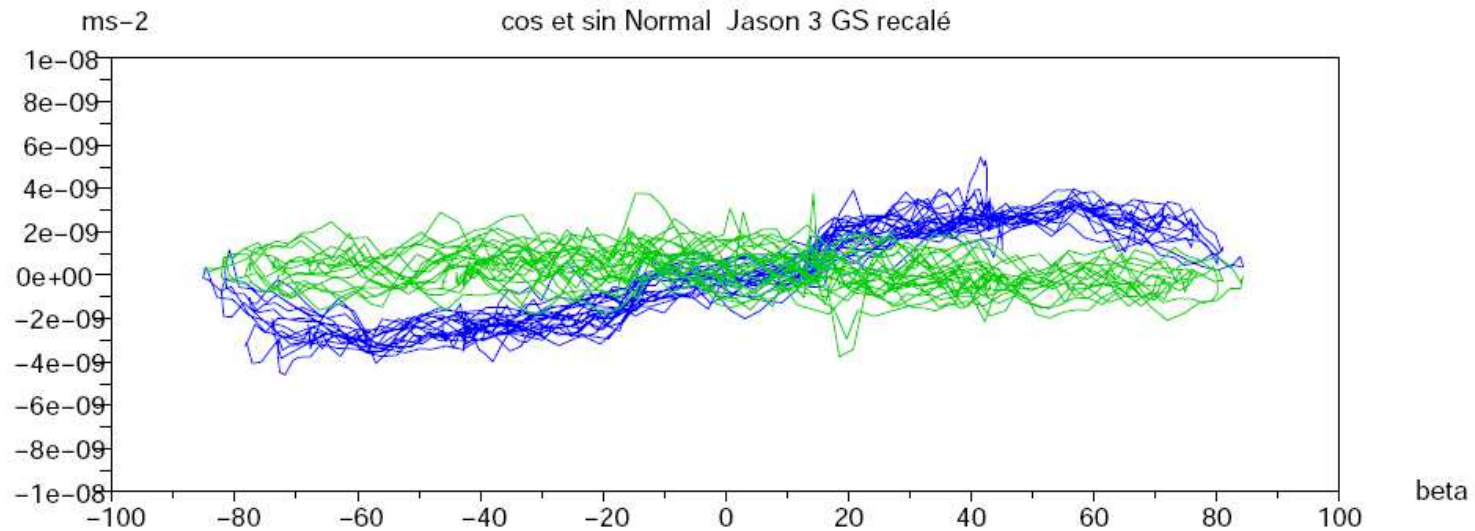
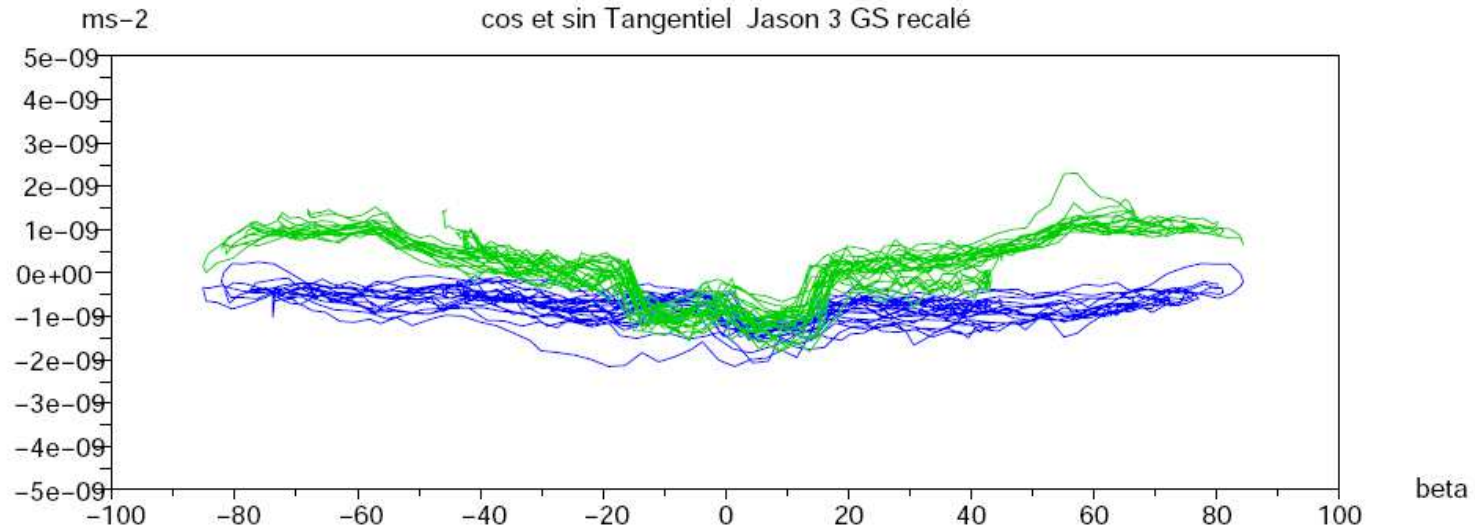
how does the frequency ω change (close to ω_0) for these accelerations ?

- non nominal pointing effects : solar array pointing (daily computation on ground)
produces specific frequencies in direction perpendicular to solar array axis
- subsolar point movement
- eclipses
- amplitude variation : β variations during the arc

Jason 3 a priori, termes 1/rev



Jason 3 + générateur solaire recalé (d'après Jason 2)



Cartes de correction de phase GPS

Observations dans les résidus de phase de signatures systématiques

→ 'cartes' empiriques de correction de phase
risque de biais (optimisation par sous ensembles de paramètres)

$$\min_{p_1, p_2} J(p_1, p_2)$$

autre paramètres (orbite, horloges, ambiguïtés) ↗ ↖ carte

par itération alternées p_1, p_2

$$\min_{p_1} J(p_1, 0) \rightarrow \min_{p_2} J(p_1, 0, p_2) \rightarrow \min_{p_1} J(p_1, p_2, 0) \rightarrow \text{etc...}$$

Peu d'effet sur orbites 'dynamiques'

Effets pouvant être importants, cas cinématique

Mélange entre carte et position X,Y,Z de la référence antenne en axes satellite

très mauvaise observabilité des effets X,Y,Z dans les résidus
(et ce sont formes de cartes les plus importantes pour la performance)

Cartes résidus initiaux

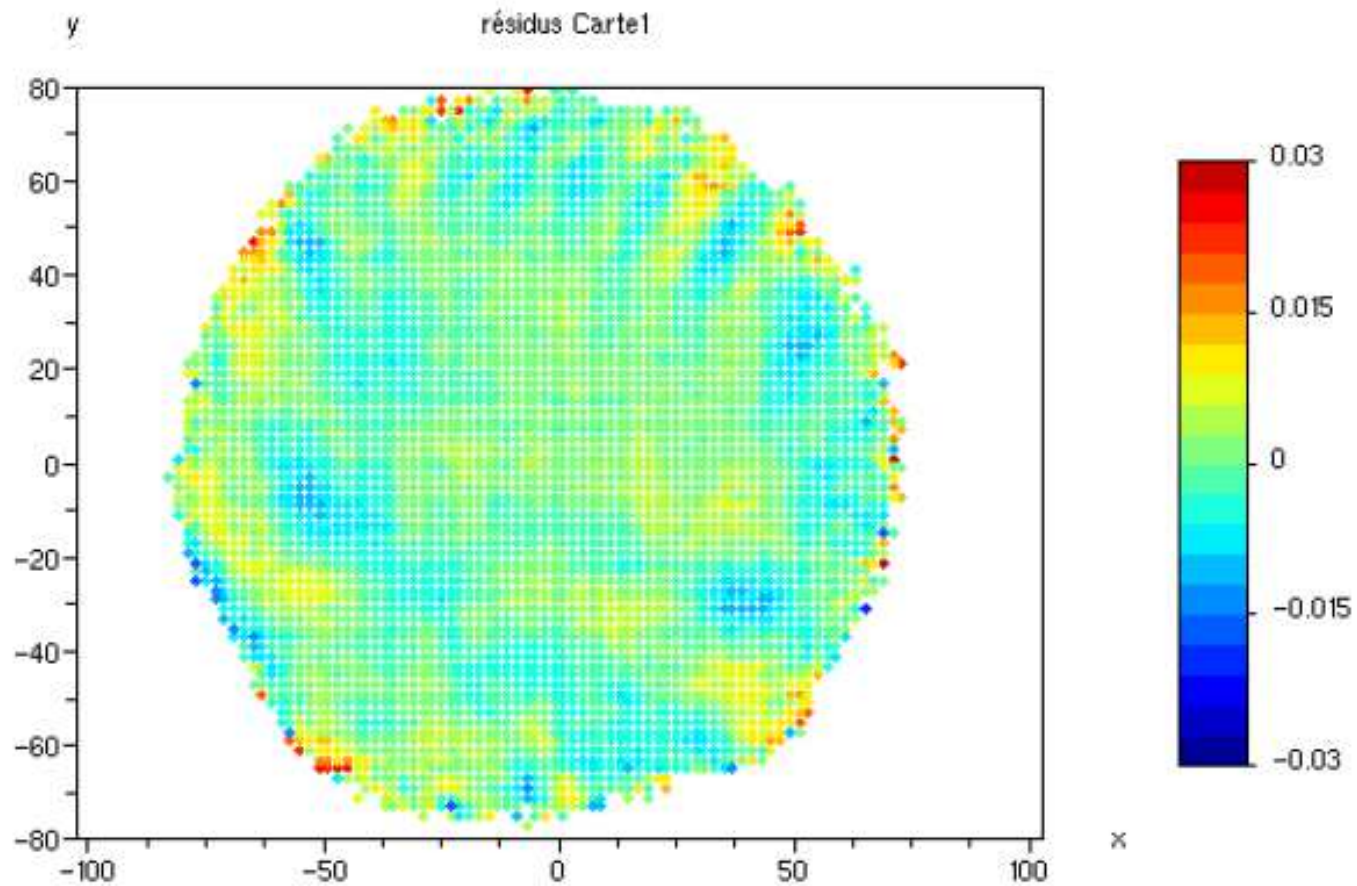


FIG. 1 – Moyenne des résidus par cellule de 2 degrés, Jason 2, jours 22357-22367

Méthode utilisée pour Jason

Principes :

reporter dans $p1$ les paramètres influents de la carte
(x,y,z au moins, ajustés dans la restitution d'orbite)

calculer la carte simultanément avec ajustement ambiguïtés et horloges

les écarts horizontaux en repère satellite (x,y) sont peu observables
(les attitudes variées n'améliorent pas la situation)

le déplacement vertical (z) est légèrement observable

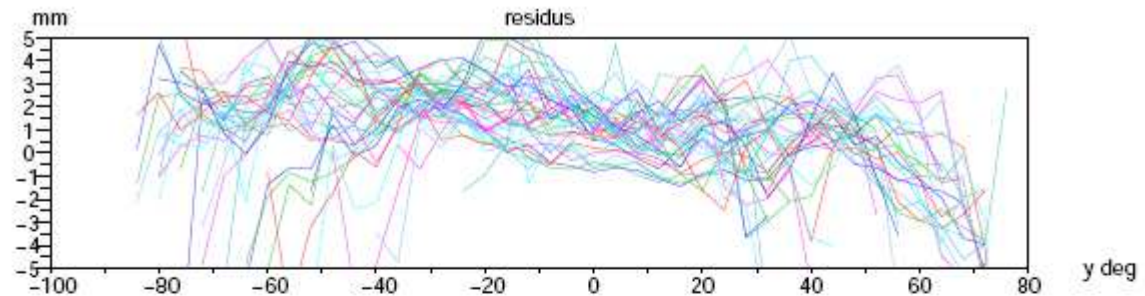
moindres carrés direct trop lourd (sur problème 2*2 degrés)
- méthode itérative carte/ambiguïtés+horloge

comparaison avec carte moindres carrés ok sur cas moins gros

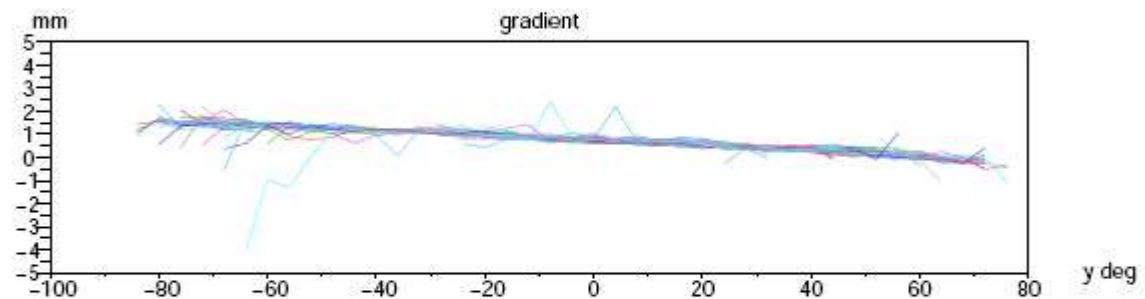
Comparaison de méthodes d'ajustement

Ecarts à la carte moindres carrés (carte+ambiguités+horloges)

Moyenne résidus



Gradient



Itérations

- moyenne résidus
- ajustement ambig.+horloge

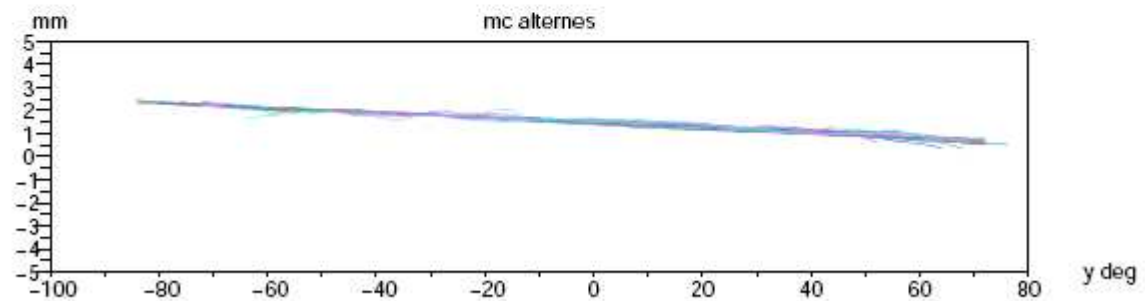


FIG. 4 – Allure des différences des cartes, tranches à x constant

Carte Jason 2, antenne 1, deux itérations

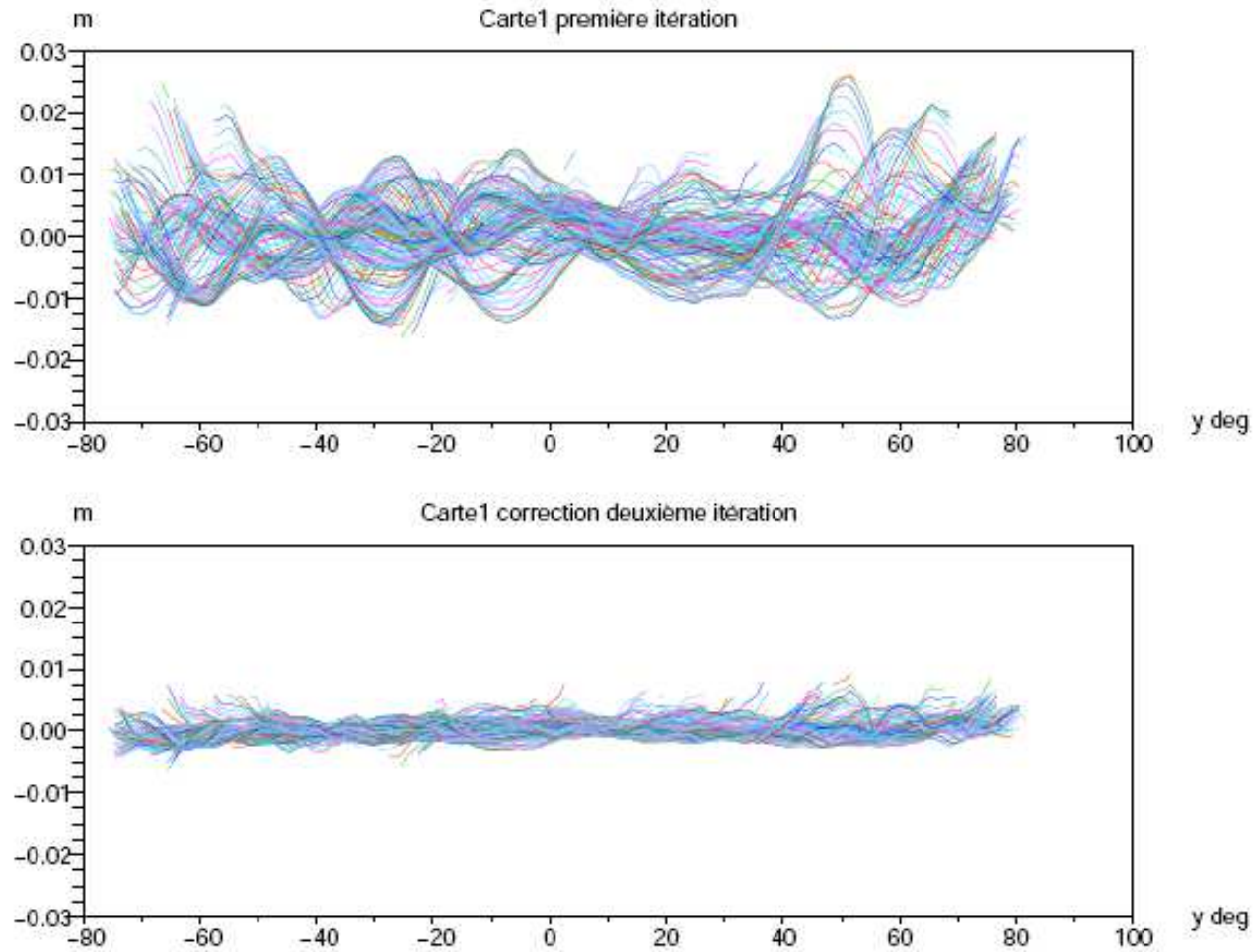


FIG. 16 – Valeurs de la carte, vues de profil, antenne 1

Cartes résidus initiaux

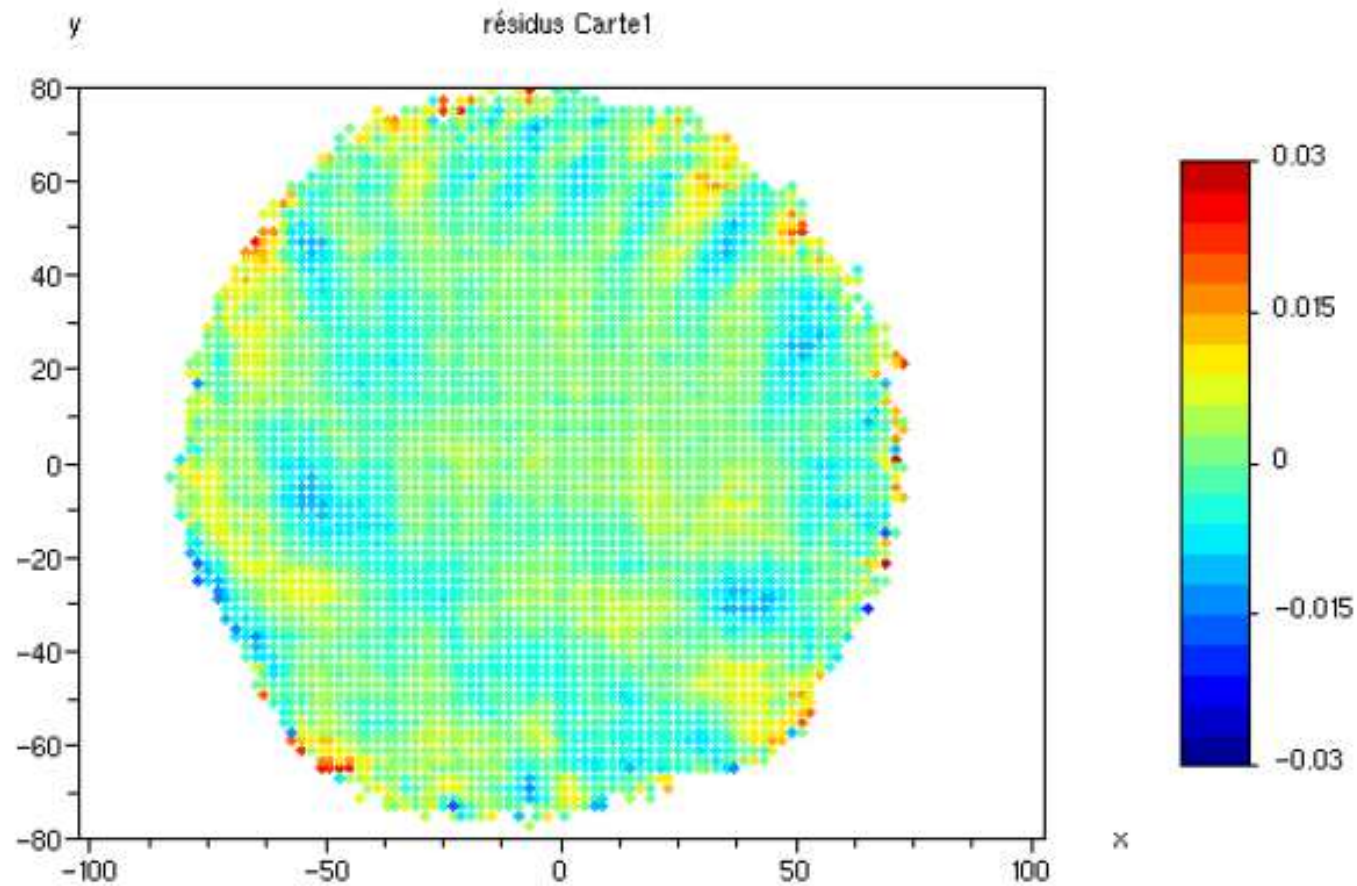
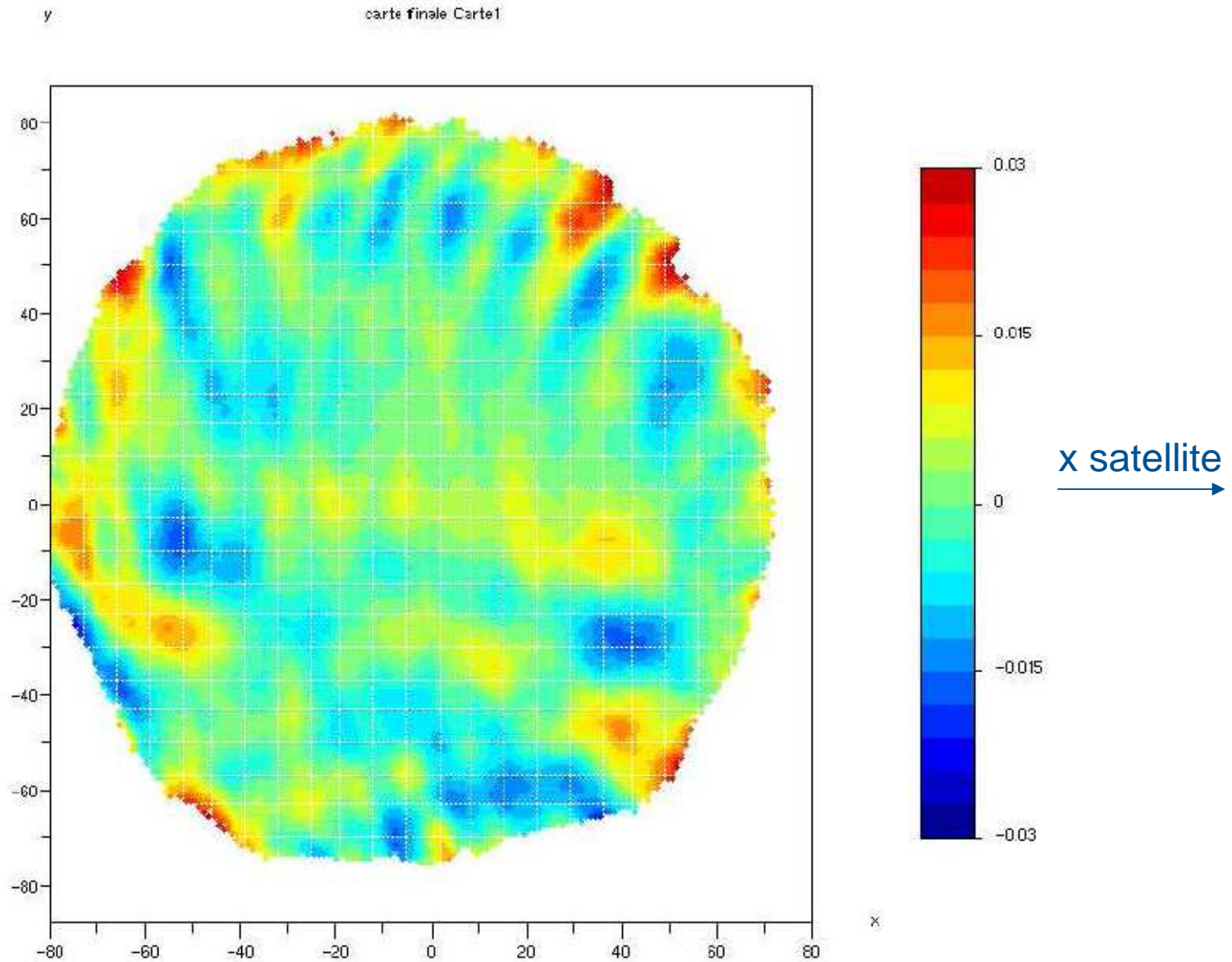


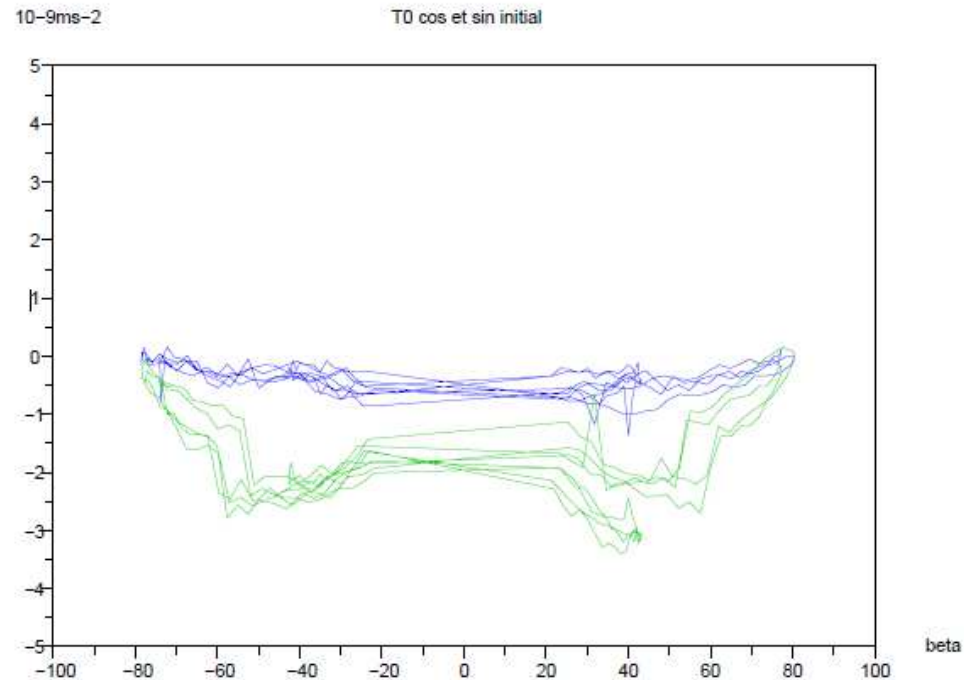
FIG. 1 – Moyenne des résidus par cellule de 2 degrés, Jason 2, jours 22357-22367

Carte finale, Jason2, antenne1



Eclipses

Observation d'anomalies dans les forces empiriques Jason 2 aux transitions d'éclipses



Calcul d'un nouveau modèle, avec la réfraction atmosphérique (satellites bas)
importantes améliorations sur la pénombre

Séparation de la régularisation (intégrateur) et du calcul de l'éclipse

Eclipses, modèle actuel, Grace

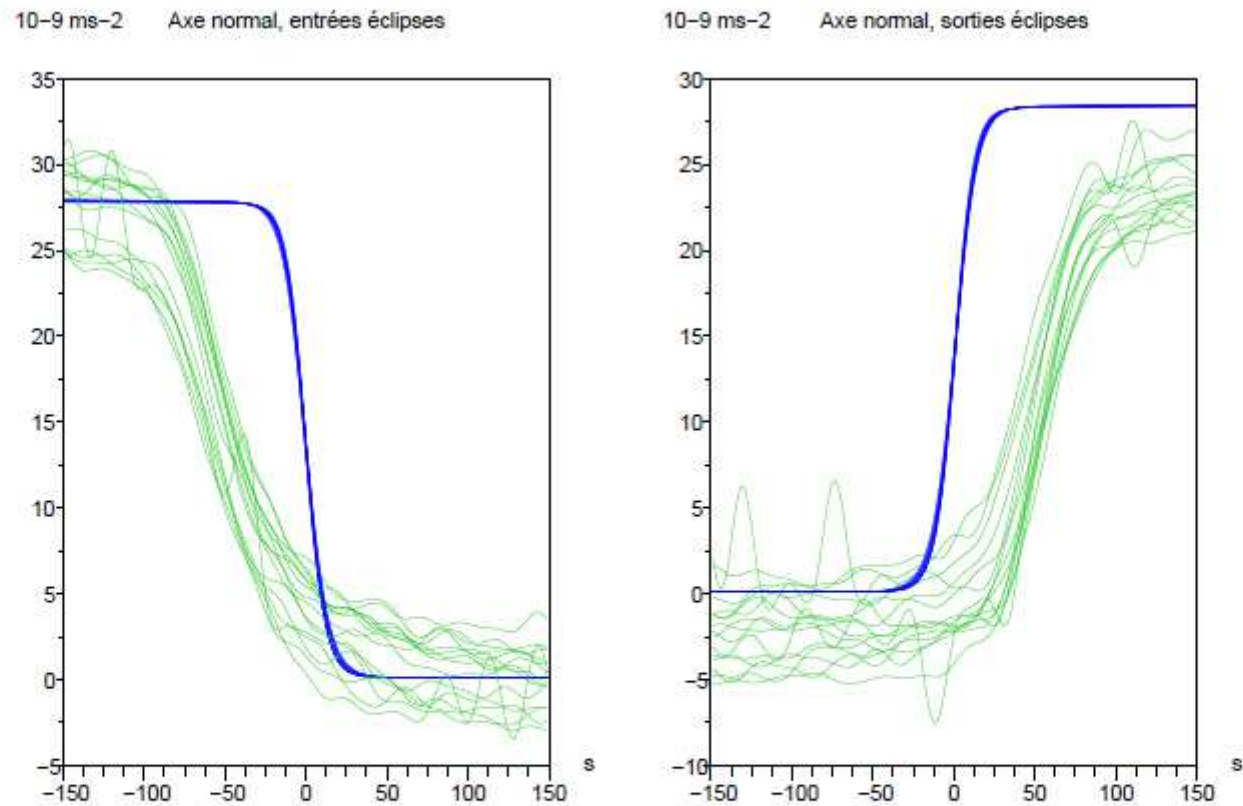


FIG. 2 – Transitions d'éclipse Grace A, 25/07/2008, référencées à la date milieu de transition théorique, modèle Zoom (b), et mesures accéléromètre (v)

Eclipses, nouveau modèle, Grace

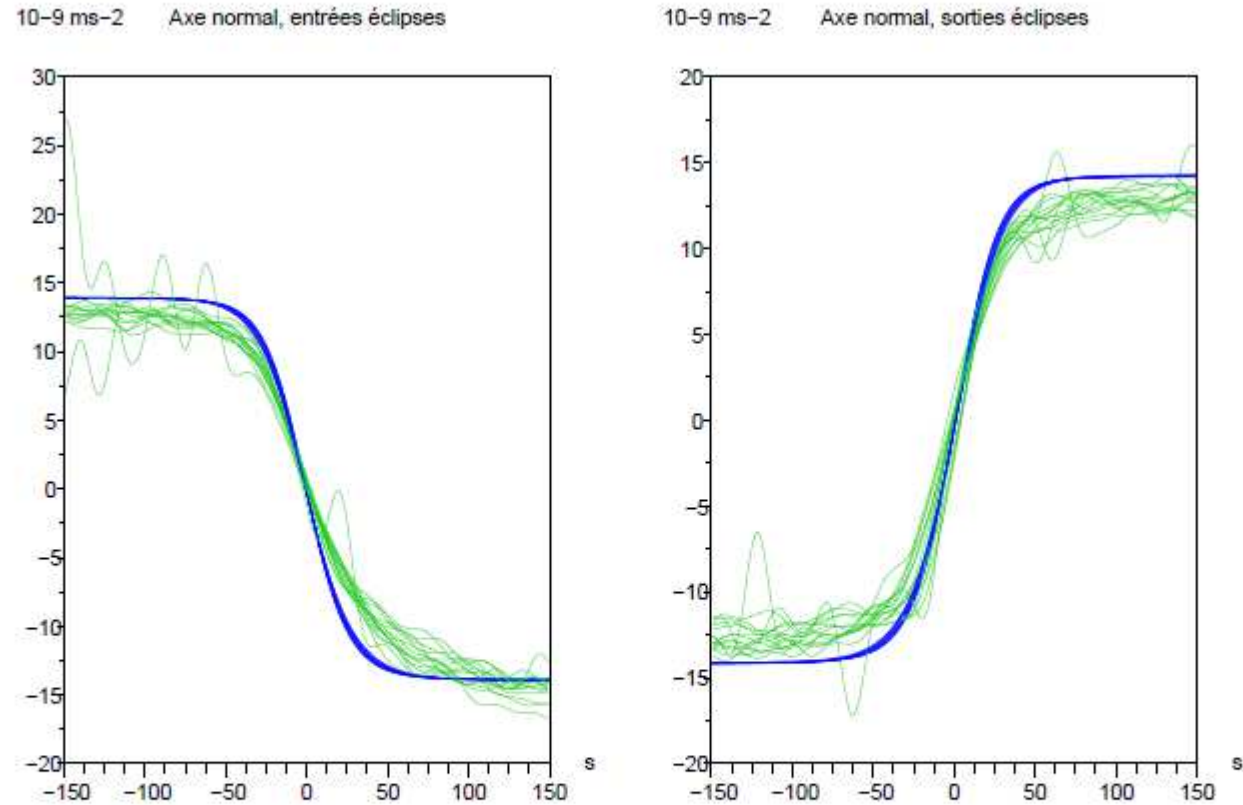


FIG. 19 – Transitions d'éclipse Grace A, 25/07/2008, référencées à la date milieu de transition théorique, nouveau modèle Zoom (b), et mesures accéléromètre (v)

Eclipses, modèle actuel, Jason 2

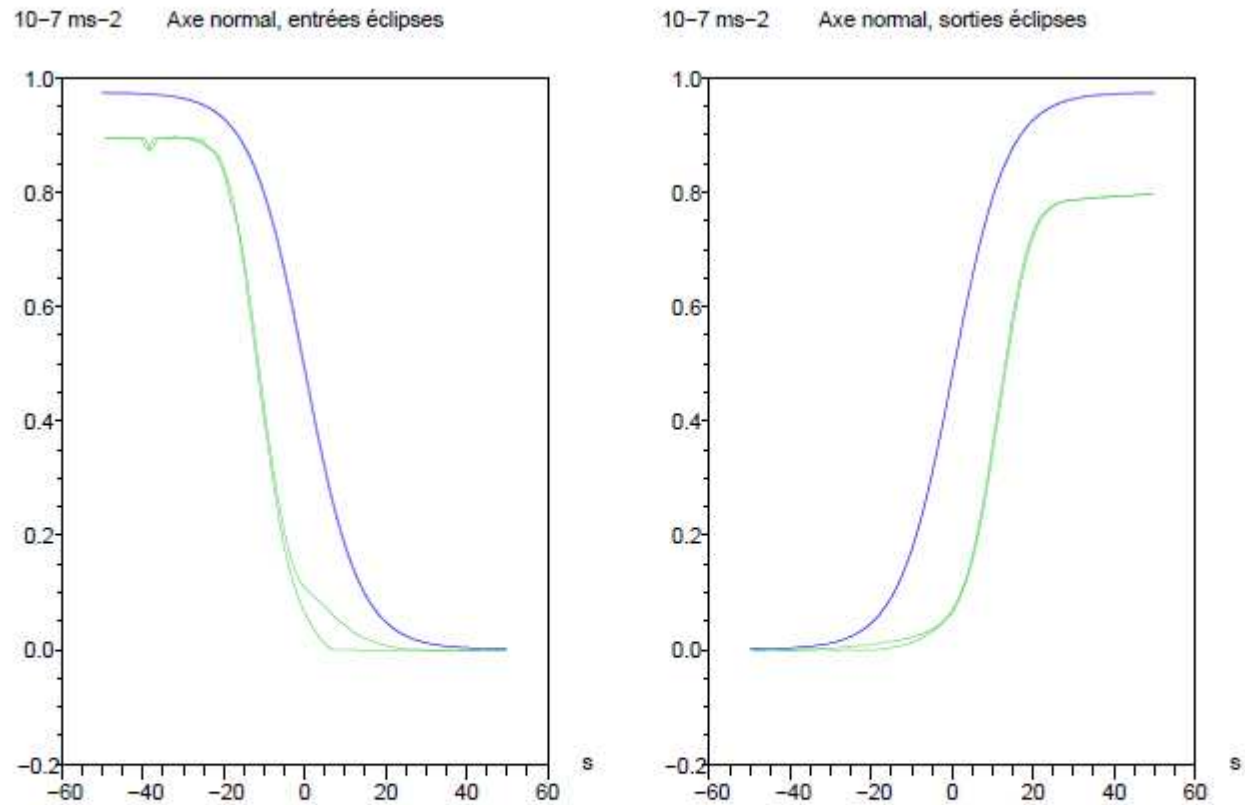


FIG. 3 – Transitions d'éclipse Jason 2, 14/05/2013, référencées à la date milieu théorique, modèle Zoom (b), et mesures paramètre ISTRINGMEAN (v)

Eclipses, nouveau modèle, Jason 2

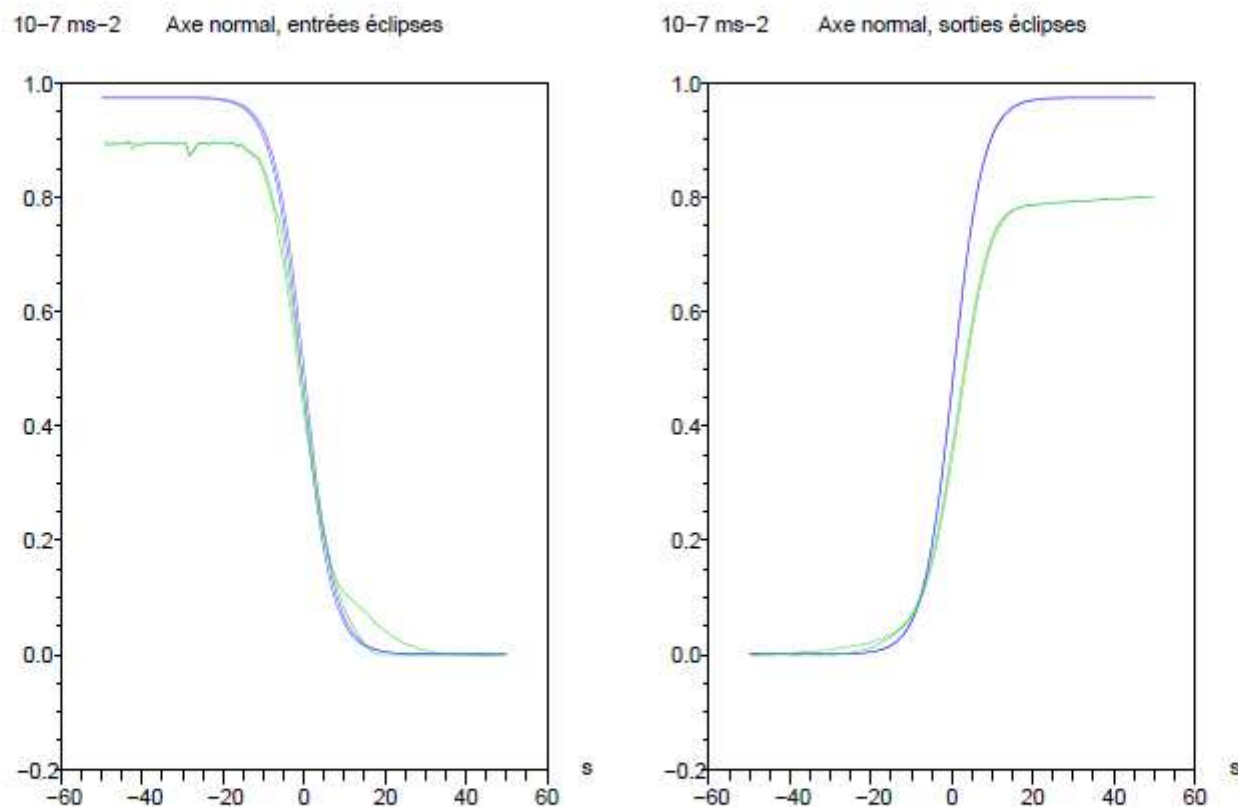


FIG. 20 – Transitions d'éclipse Jason 2, 14/05/2013, référencées à la date milieu théorique, nouveau modèle Zoom (b), et mesures paramètre ISTRINGMEAN (v)