

Remettre les pendules à l'heure des stations SLR

(Applications du transfert de temps optique spatial)



Alexandre Belli
3^{ème} année de thèse

Sous la direction :

Pierre Exertier et François Vernotte

belli@geoazur.unice.fr

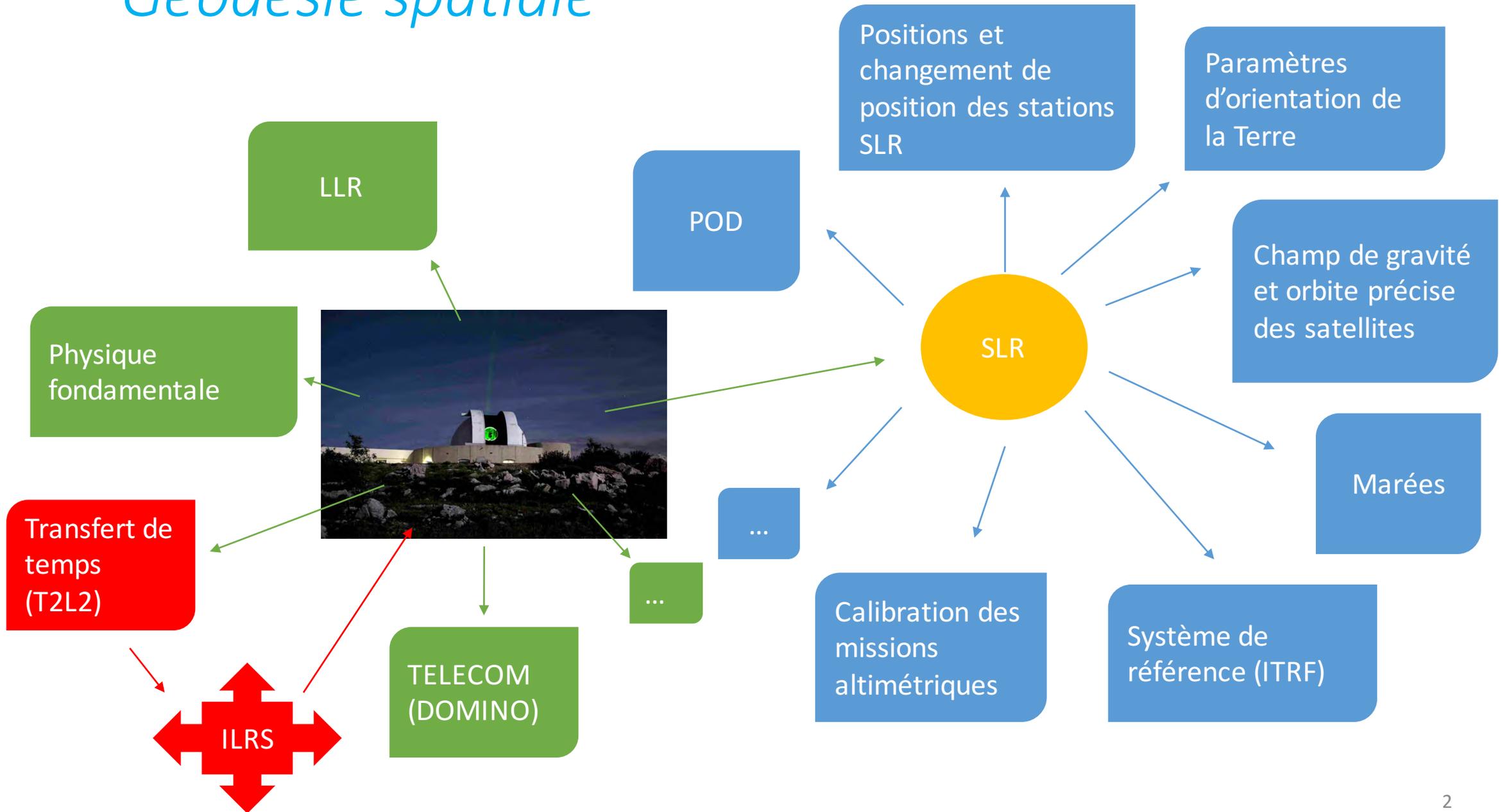
24 mars 2016, AG LABEX FIRST-TF



Franche-Comté
Conseil régional



Géodésie spatiale



T2L2 sur Jason-2

- Lancé en Juin 2008 (~8 ans de données)
- 1335 km
- 110 min
- 66°



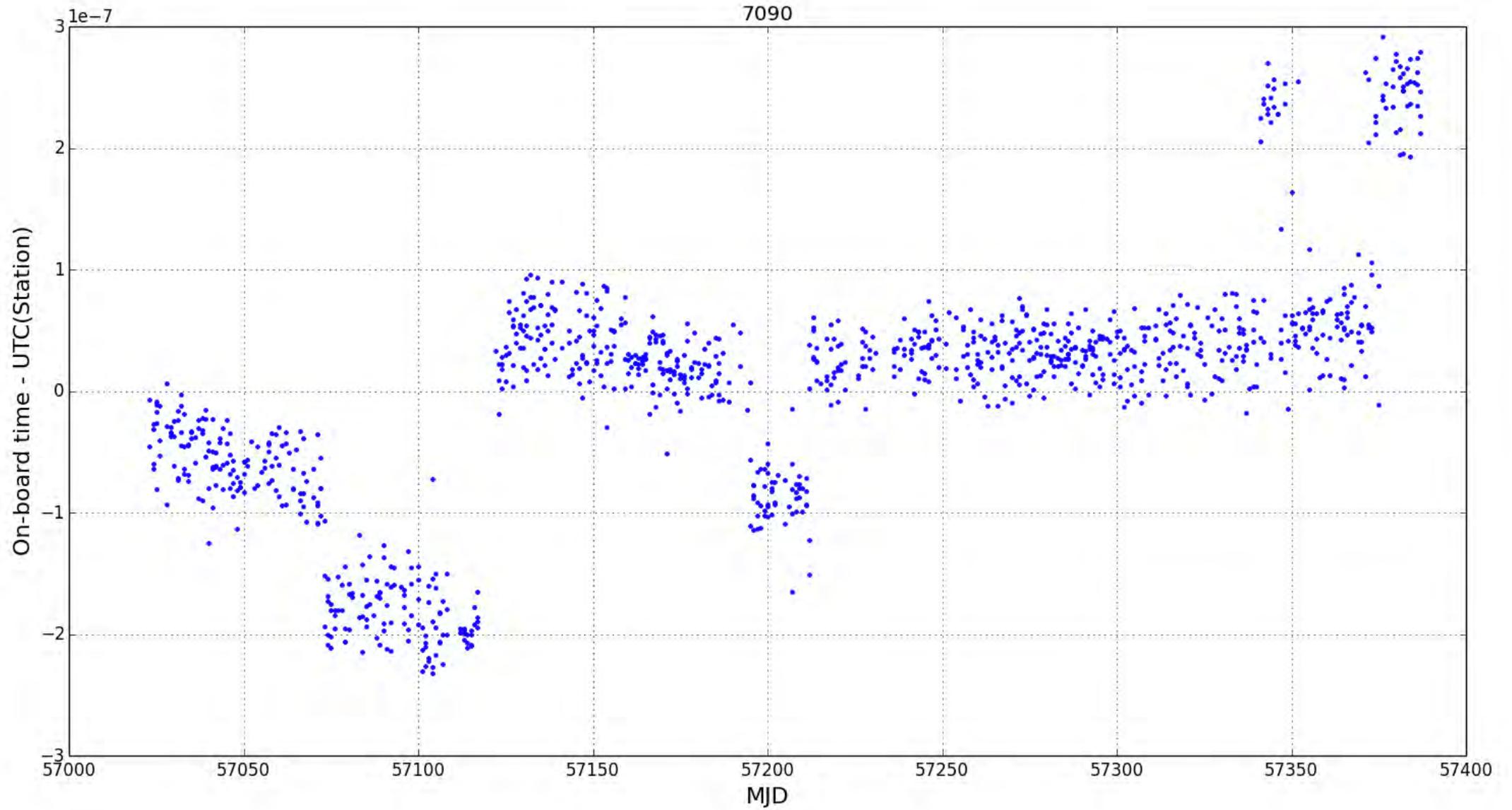
- DORIS (USO)

- T2L2

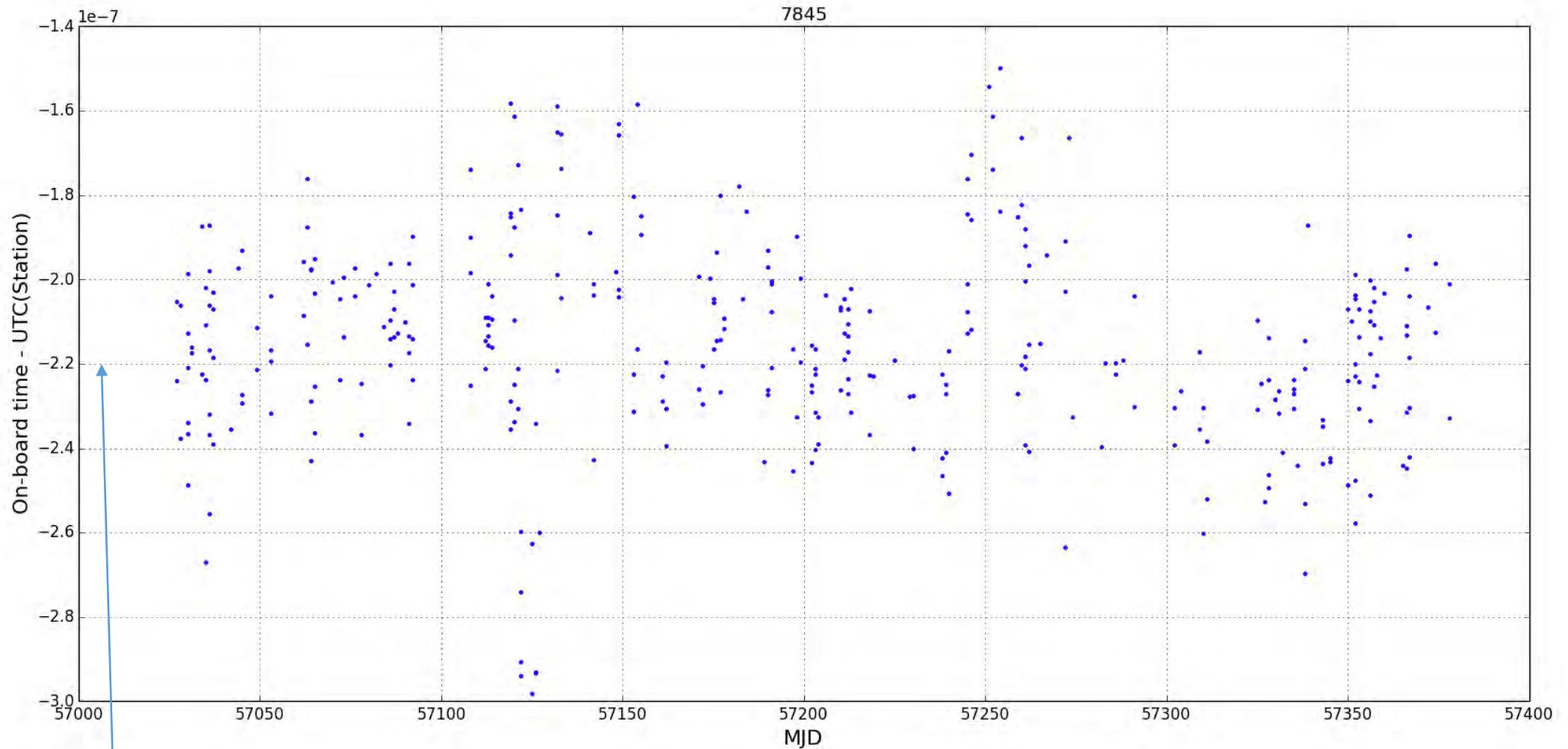


Estimation UTC(stations) !

Yarragadee Australia (2015)



Grasse France (2015)



Offset lié à la calibration de la station (longueur de câbles...)

Transfert de temps sol-espace à un biais de fréquence par T2L2

[Exertier et al. 2010]



$$\Delta_S^B(t) = t_b - [t_e + D(t)] + \Delta_S^B(t_0)$$

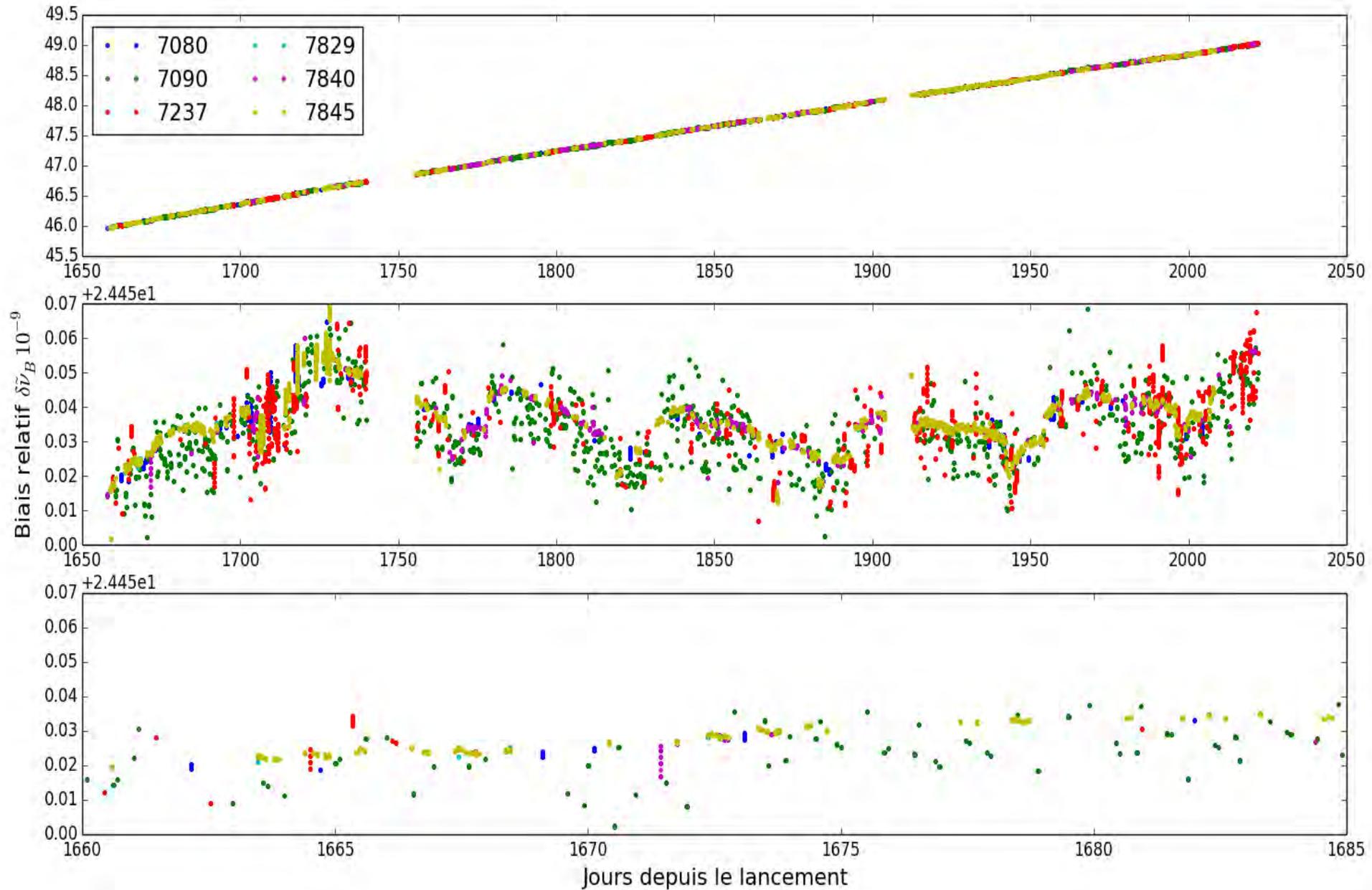


Biais de fréquence sol

$$\delta \tilde{\nu}_B - \delta \tilde{\nu}_S = \delta \tilde{\nu}_B - \left[d\tilde{\Psi}_S + \frac{1}{c^2} U_S \right] + \delta \tilde{\nu}_N$$

Biais de fréquence bord (inconnu)
À modéliser

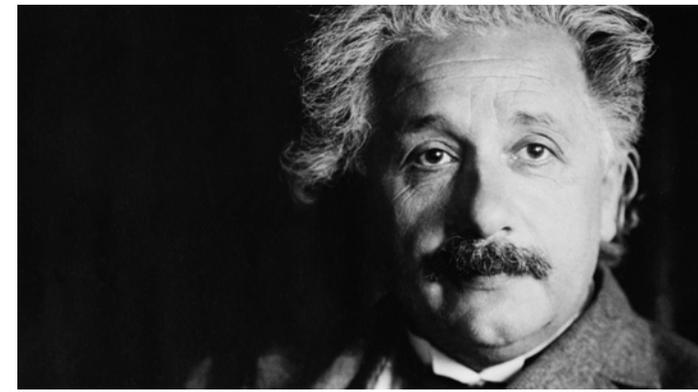
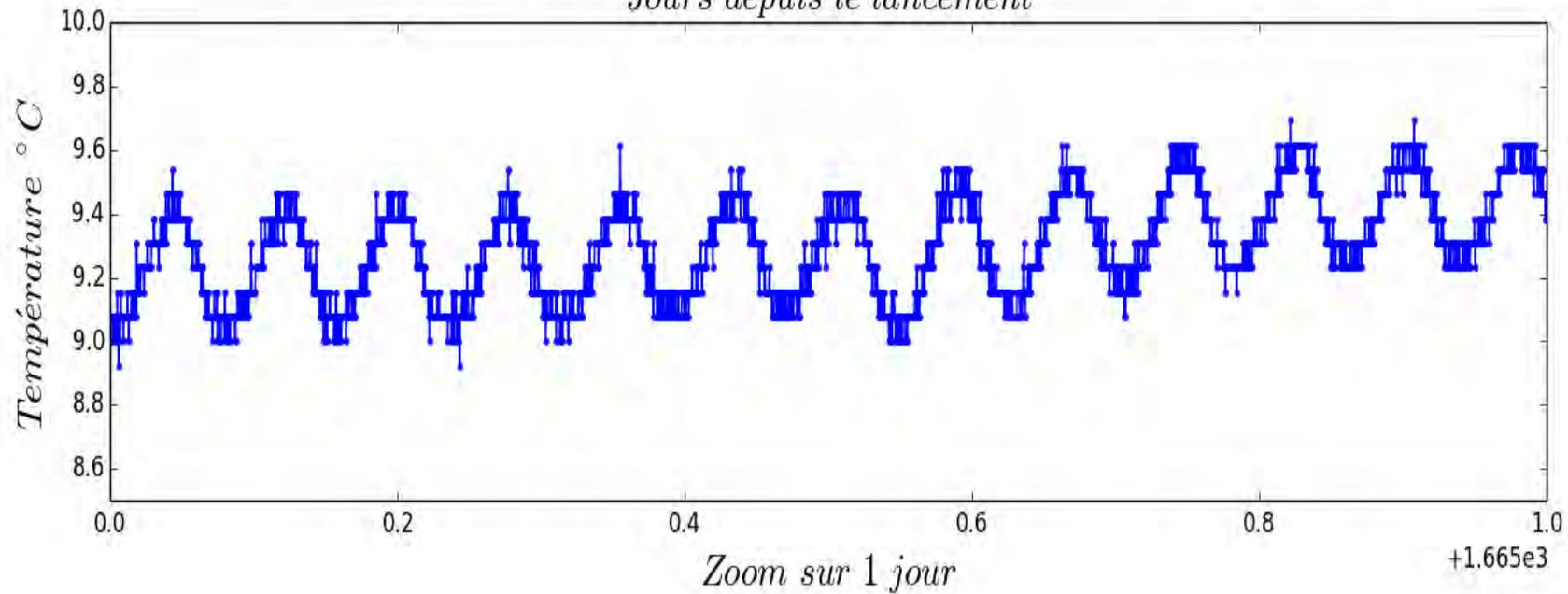
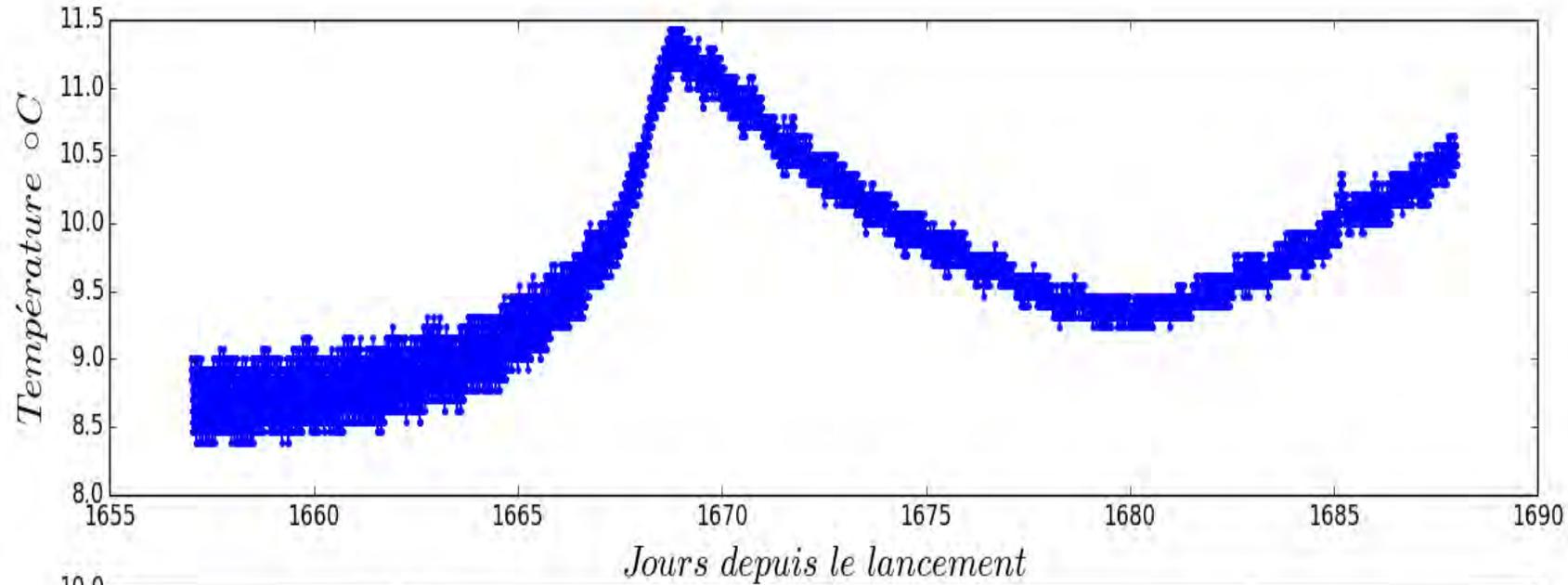
Correction relativiste (effet Einstein)



Effets sur l'USO

Effets	Biais de Fréquence à 10^{-12}	Période temporelle	Sources	T2L2 / DORIS
Bruit	0.35	10 s à 100 s	Auriol & Tourain 2010	DORIS
Dérive globale	< 10.0 / jour	Long terme	Guillemot et al. 2009	DORIS & T2L2
Température	0.65 / °C	Orbite (110 min) à 60 jours	Galliou et al. 2007	T2L2 (court terme) DORIS & T2L2 (Long terme)
Radiations	6.7 / rad	~20 min au long terme	Lefèvre et al. 2009	T2L2 (court terme) DORIS & T2L2 (Long terme)
Relativité	0.1-0.2	Orbite (110 min)	Petit & Wolf 1994	T2L2
Dérive totale	< 22.0 / jour	Long terme		DORIS & T2L2

Température (USO)

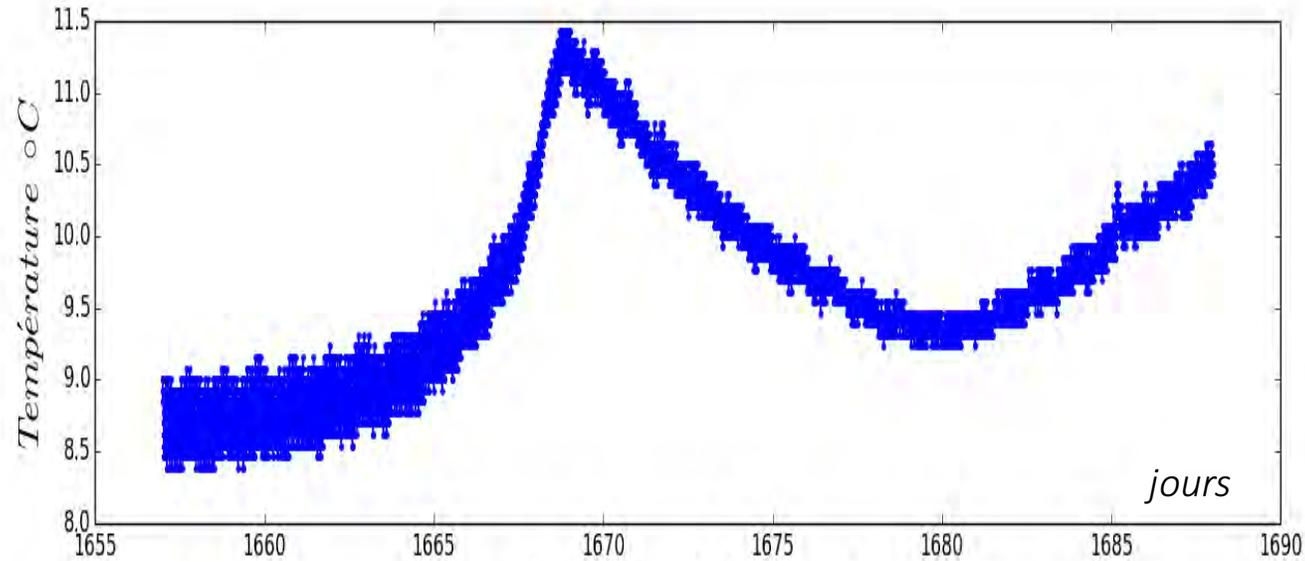


Relativité



*Dérive Globale
Et
Vieillessement*

Température (USO)



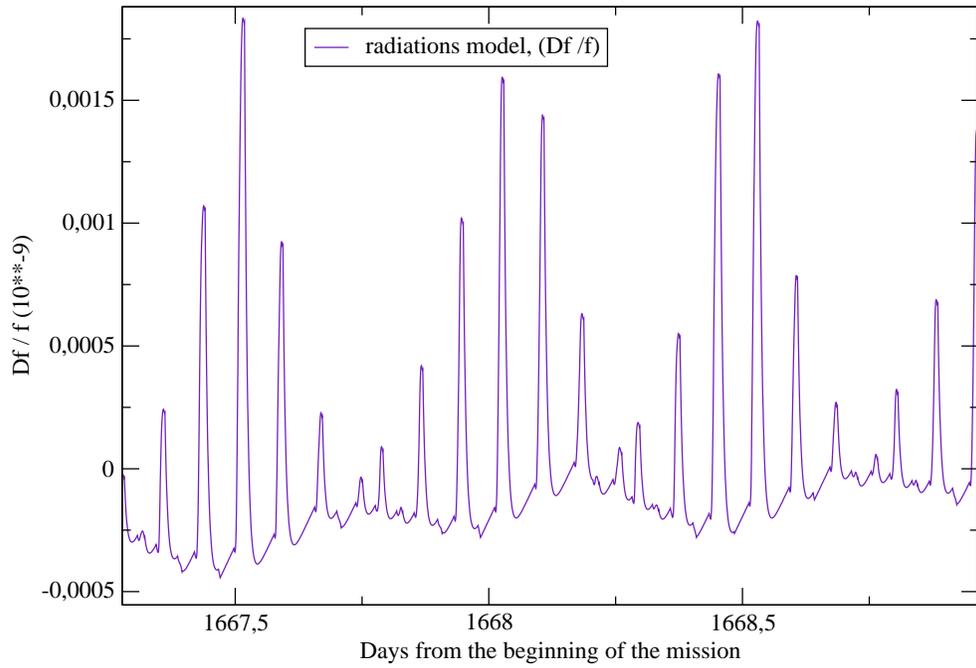
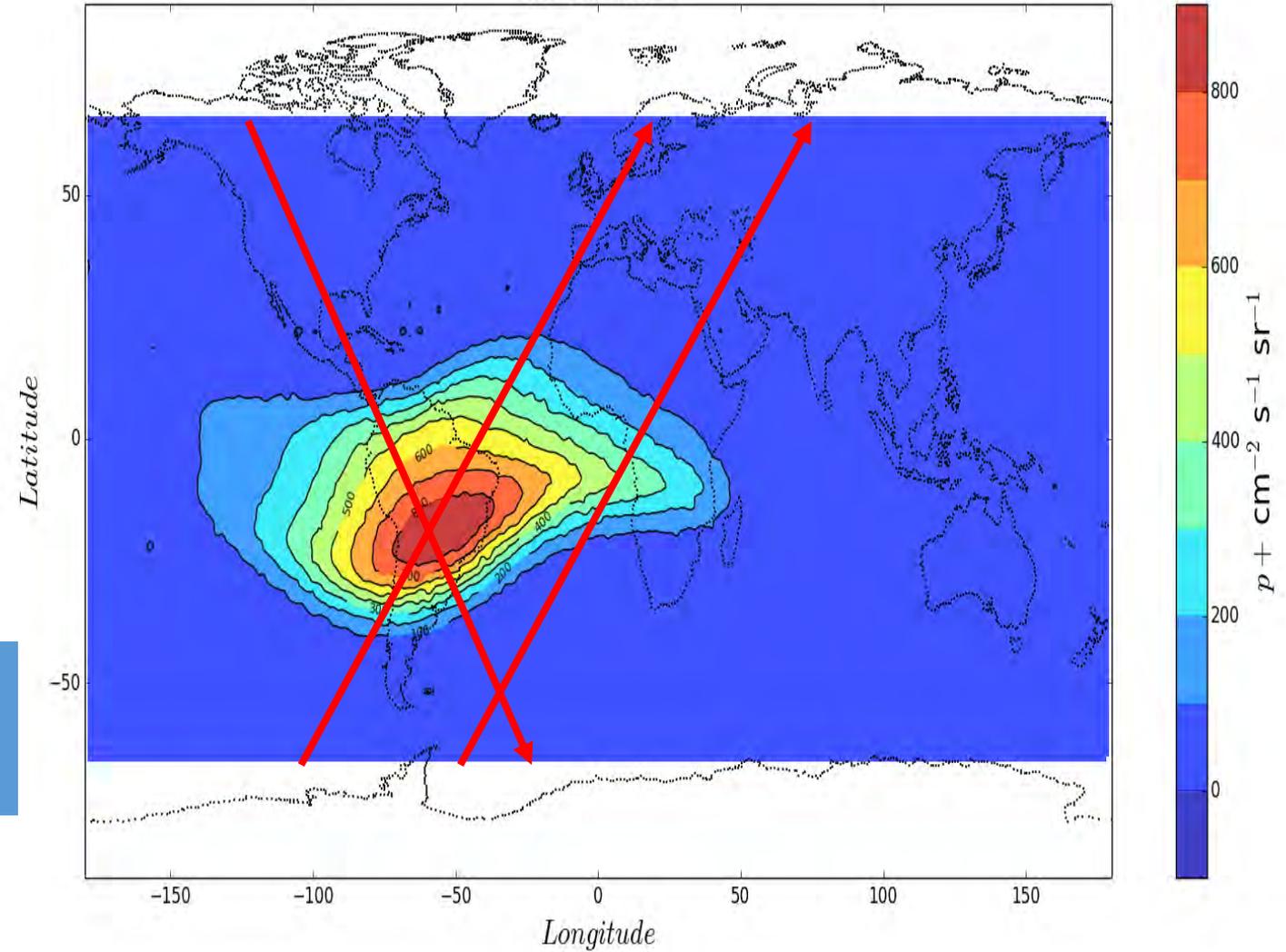
*Dérive Globale
Et
Vieillessement*

Polynôme, 3 coefficients à ajuster
Etudes faites au sol [Galliou et al. 2007]

Polynôme, 3 coefficients à ajuster

Radiations

SAA-CARMEN-2



$$\delta \tilde{v}_{SAA}(t) = \gamma_1 \int_{t_0}^{t_{SAA}} \gamma_Q D(t) dt$$

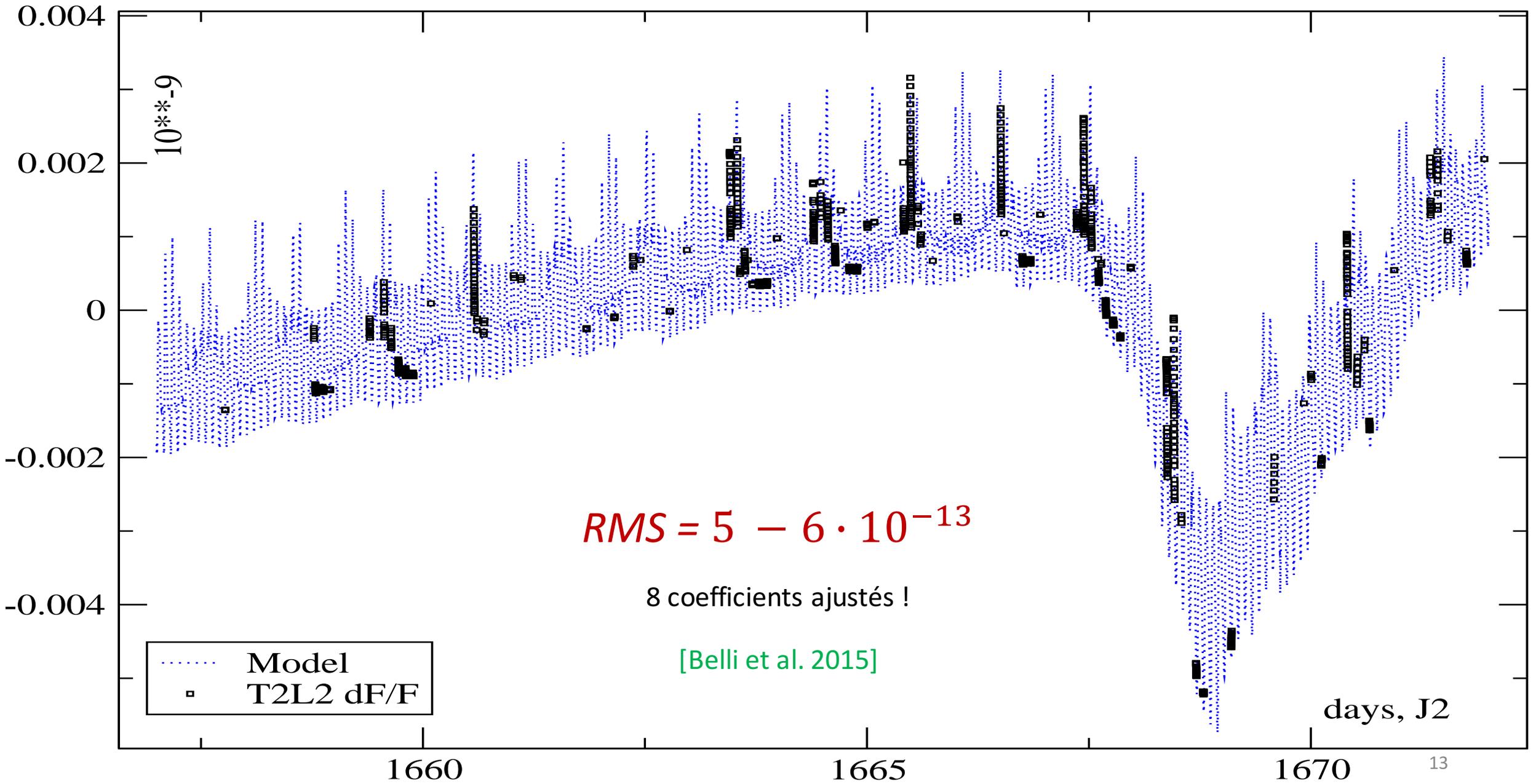
4%

$6.5 \cdot 10^{-12} / rad$	$0.0016 d^{-1} \cdot 10^{-12} / rad$
A priori	A posteriori

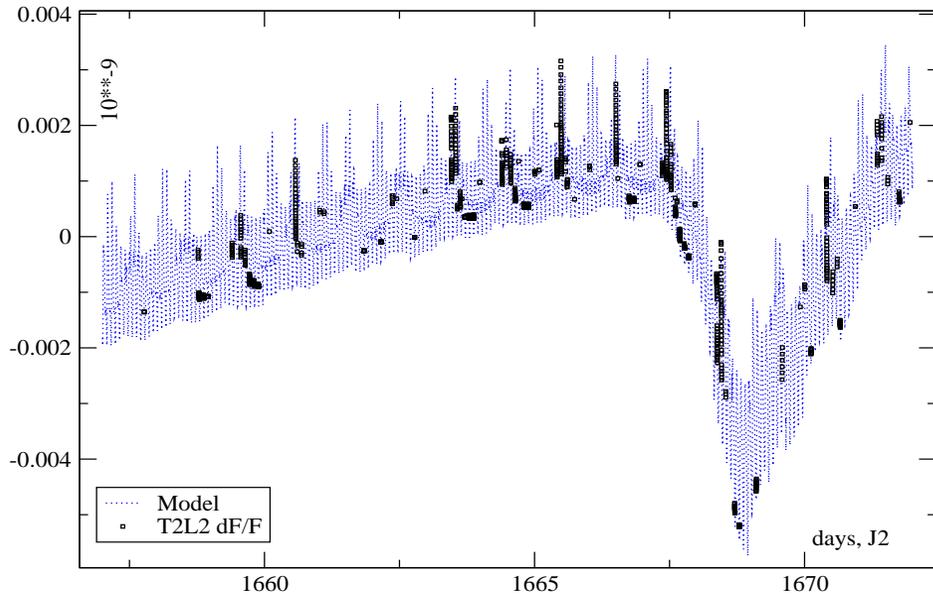
$$\delta \tilde{v}(t > t_{SAA}) = \delta \tilde{v}_{SAA} \left[\exp^{-\frac{(t-t_{SAA})}{\tau}} + \gamma_2 t \right]$$

τ	A priori 10 min	A posteriori 8 min
--------	------------------------	---------------------------

Modélisation



Principe VNC



Intégration

Modèle de phase sur la période
d'intégration
ET propre



Différence relative avec une station
maîtresse (stable sur 10 000 s)
ET coordonnée



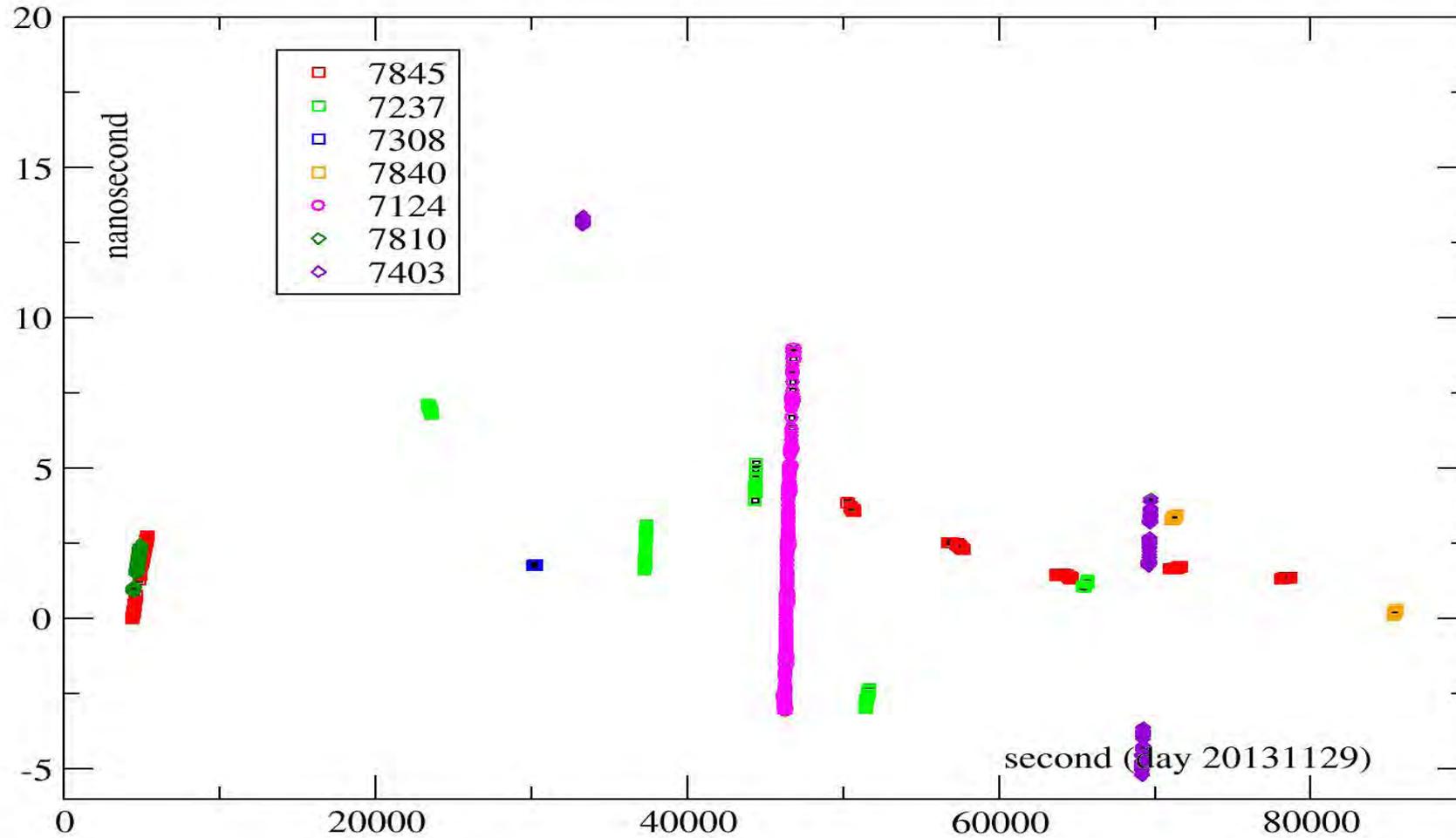
Propagation de l'erreur, on
corrige le modèle

T2L2 PPS
GPS

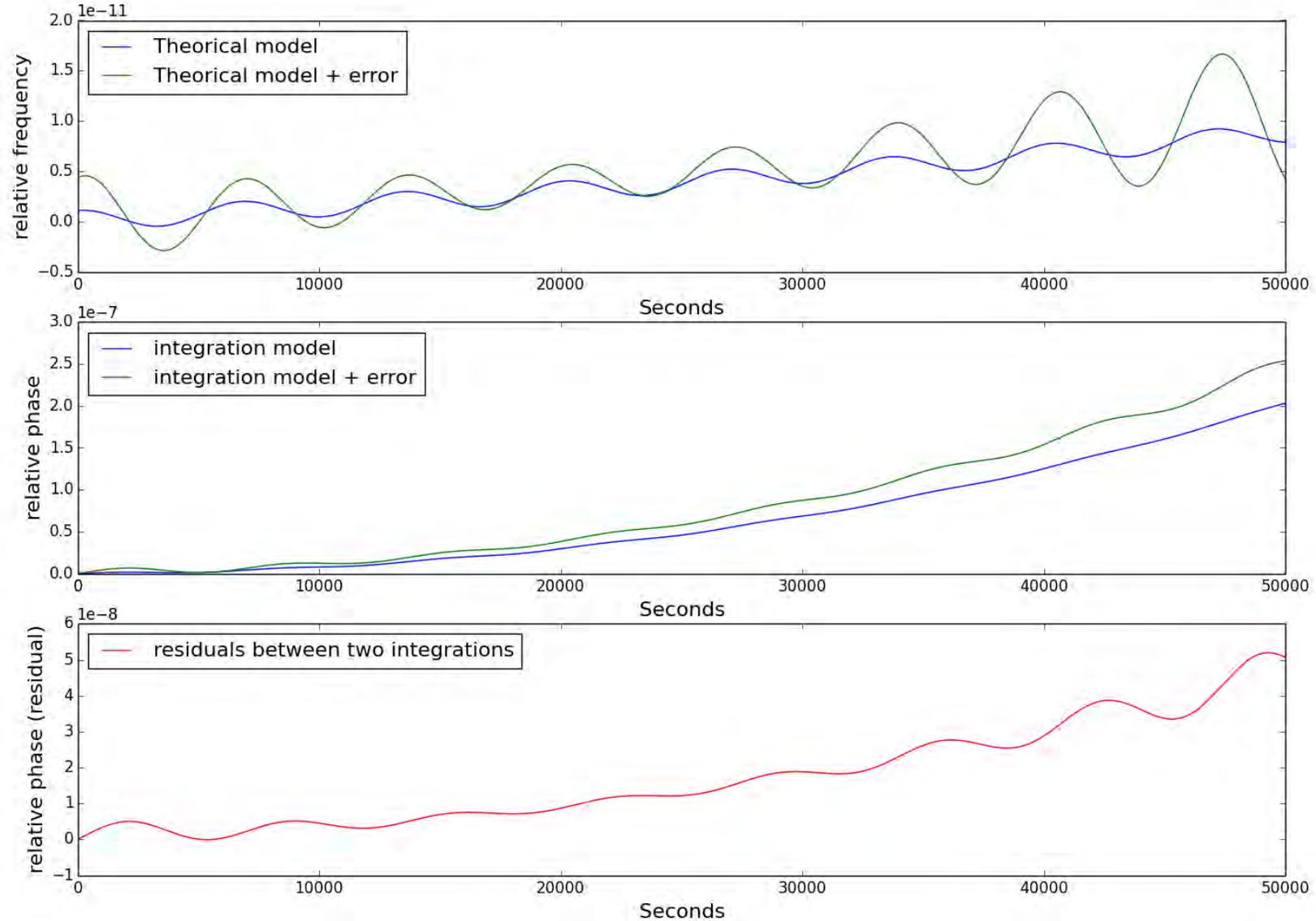
Différence avec les autres stations



Vue non Commune 1^{ère} étape

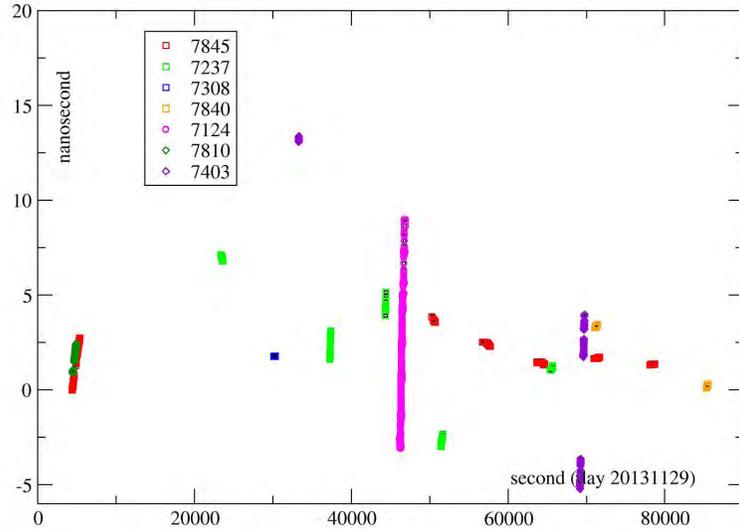


Erreur du modèle...



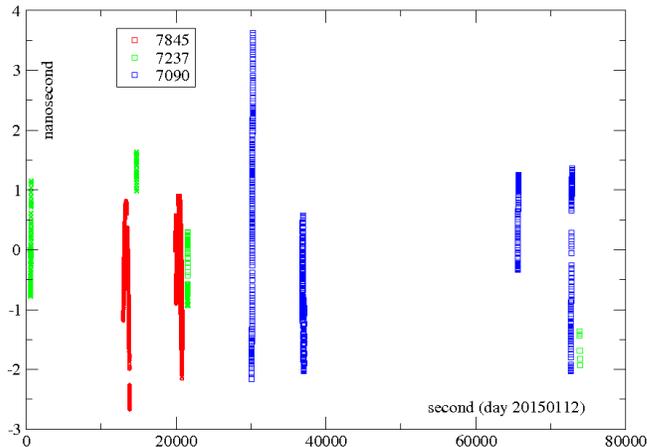
- Vers une amélioration du modèle, simulation de l'erreur

Vers une réalisation d'un temps « volant » 2^{ème} étape

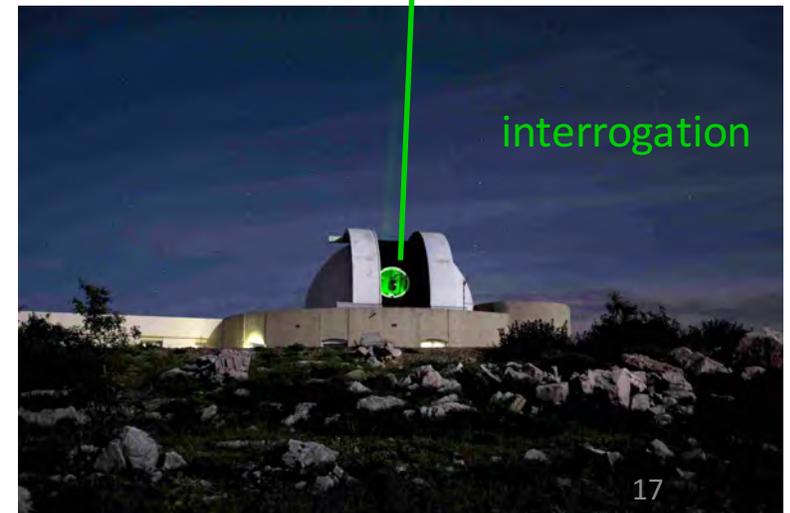


Pondération et Régression

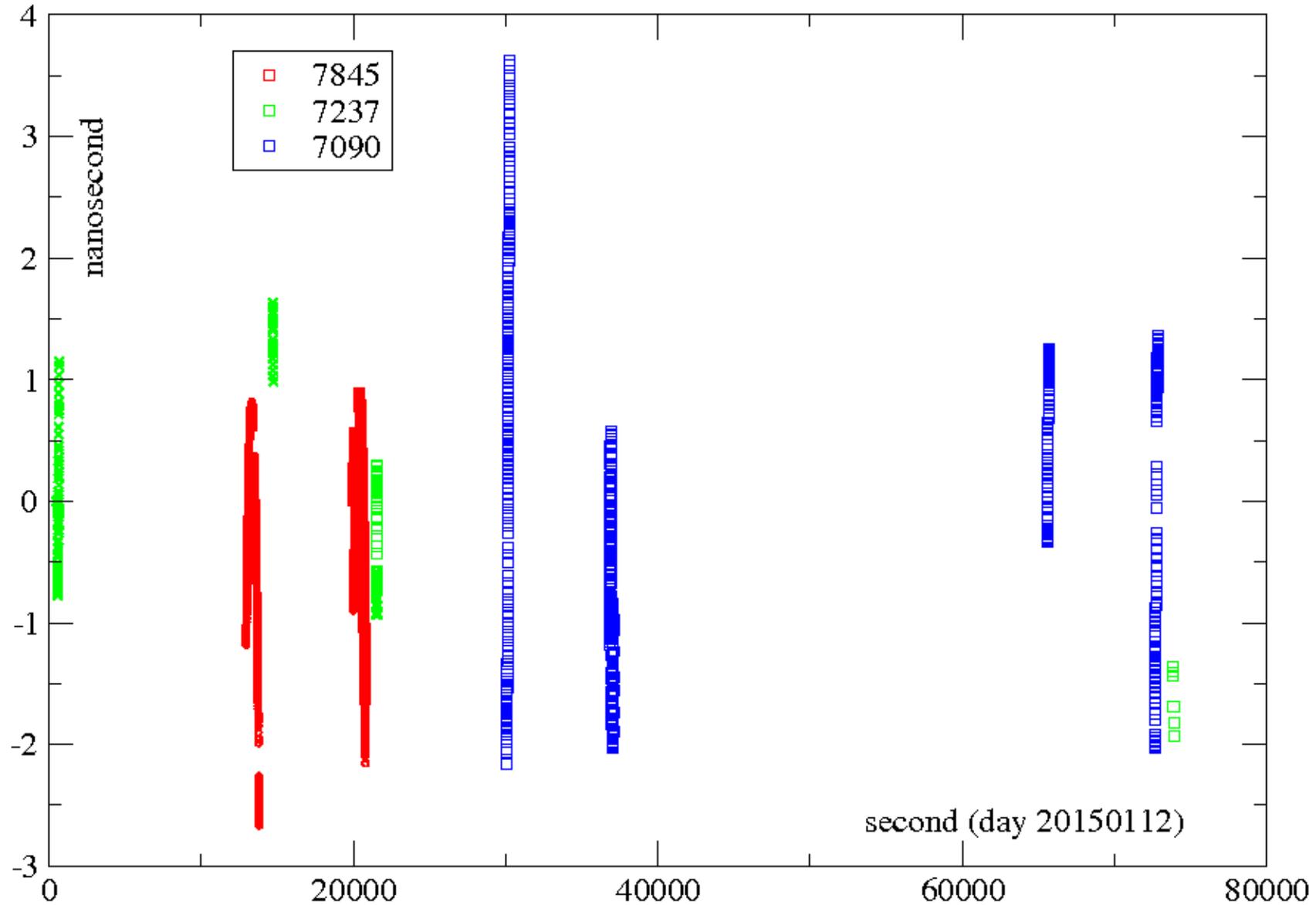
Réalisation d'un temps « calibrer »
sur les stations



Synchronisation !
Quelques ns !



Transfert de temps en Vue non Commune



Suite...

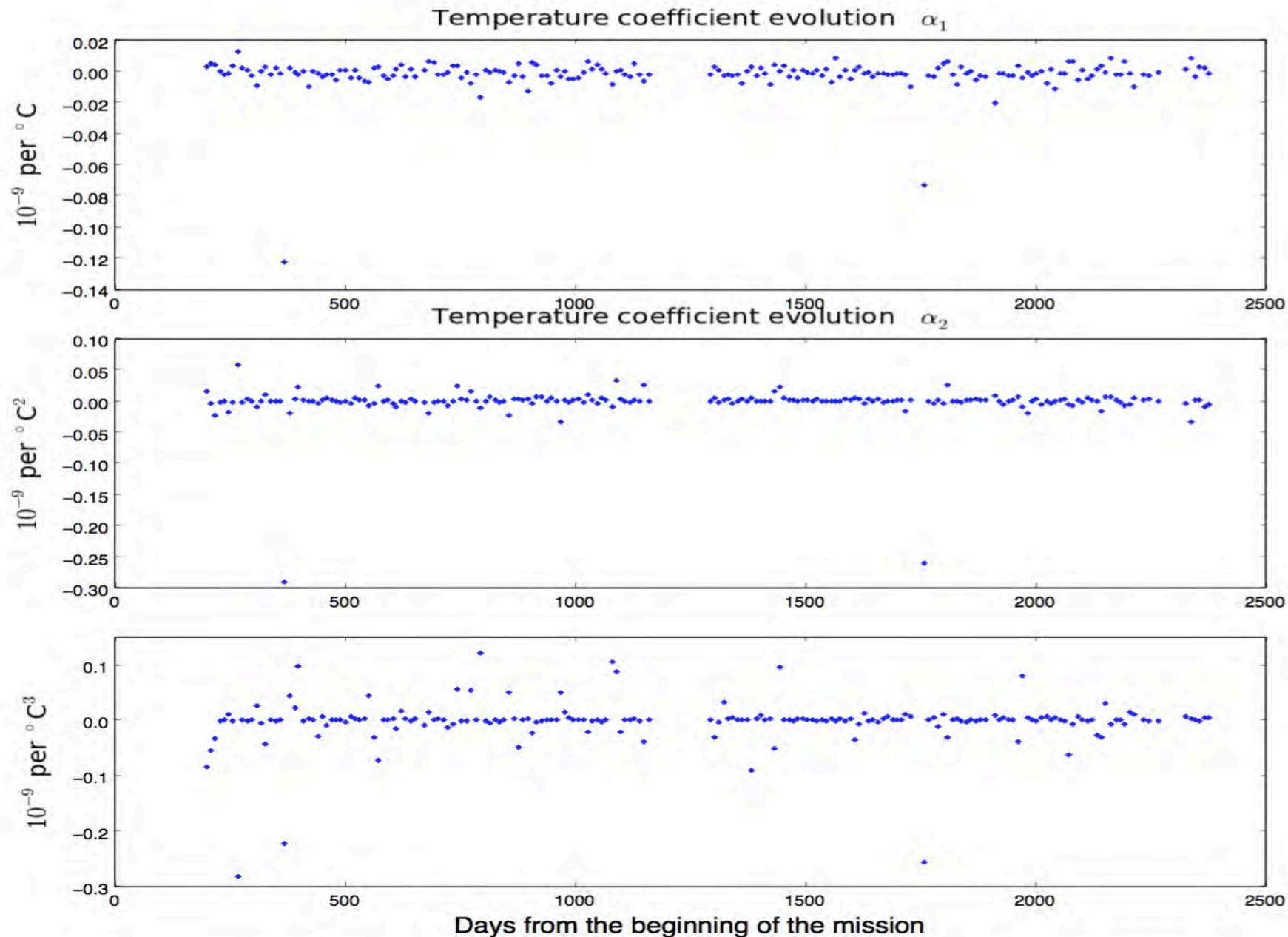
- Vers l'établissement **systematique ? Journalier ?** d'une **réalisation temporelle volante** accessible pour tout le réseau SLR
- Définition, sens pratique et **même physique** de cette réalisation temporelle
- **Répétabilité et reproductibilité**
- Une **campagne 2016** pour comparer les résultats de la vue non commune avec GPS et bilan de liaison.

Conclusions

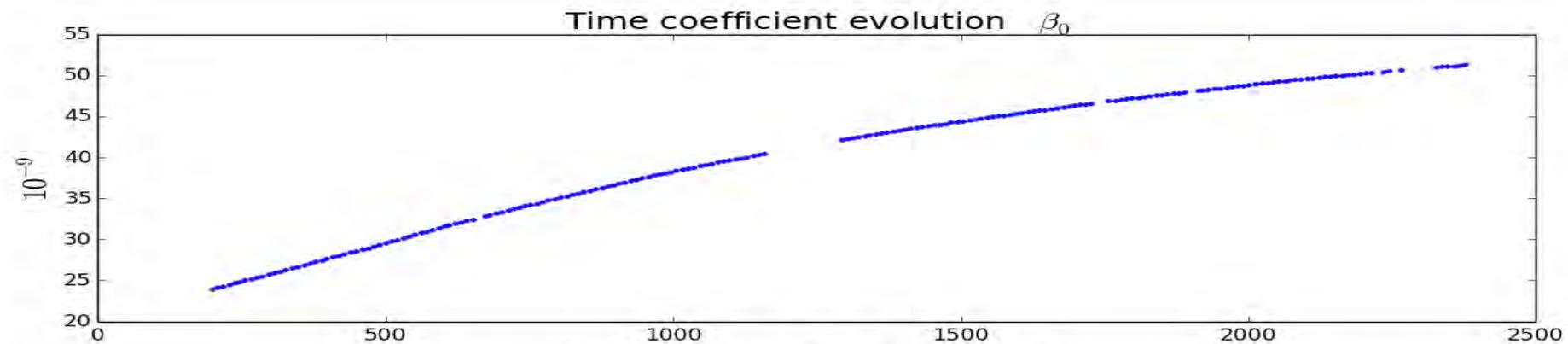
- T2L2 permet d'estimer un **décalage** à l'UTC(GPS) des stations
- Le transfert de temps sol-espace permet de **lire l'oscillateur et de créer un modèle**
- T2L2 a accès à **l'ensemble** des stations SLR du réseau ILRS
- Le transfert de temps en vue non commune permet de **synchroniser les stations SLR au niveau de la nanoseconde !**

Merci pour votre attention

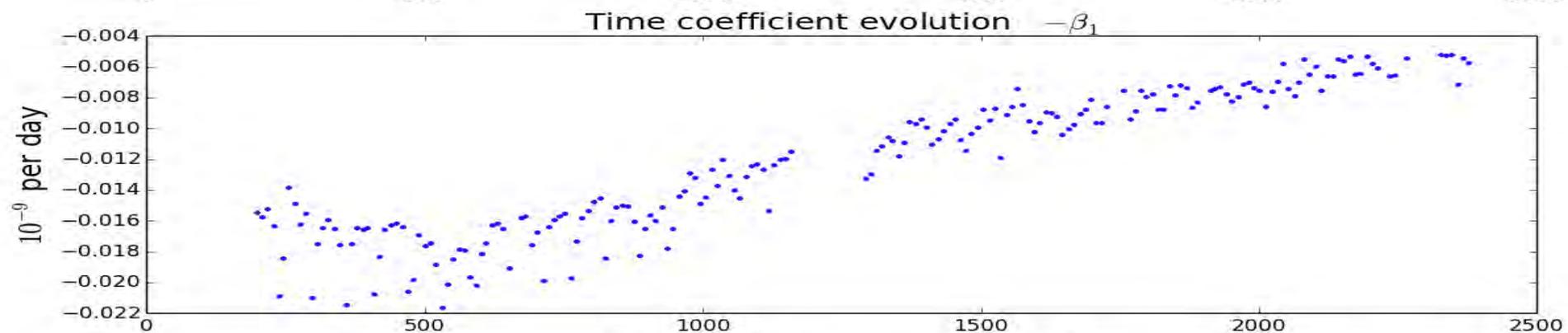
<http://www.geoazur.fr/t2l2/en/data/v4/>



a priori $7 \cdot 10^{-13} / ^{\circ}\text{C}$
a posteriori $-1.2 \cdot 10^{-12} / ^{\circ}\text{C}$



a priori $20 \cdot 10^{-9}$



a priori $1.9 \cdot 10^{-11} / d^{-1}$

