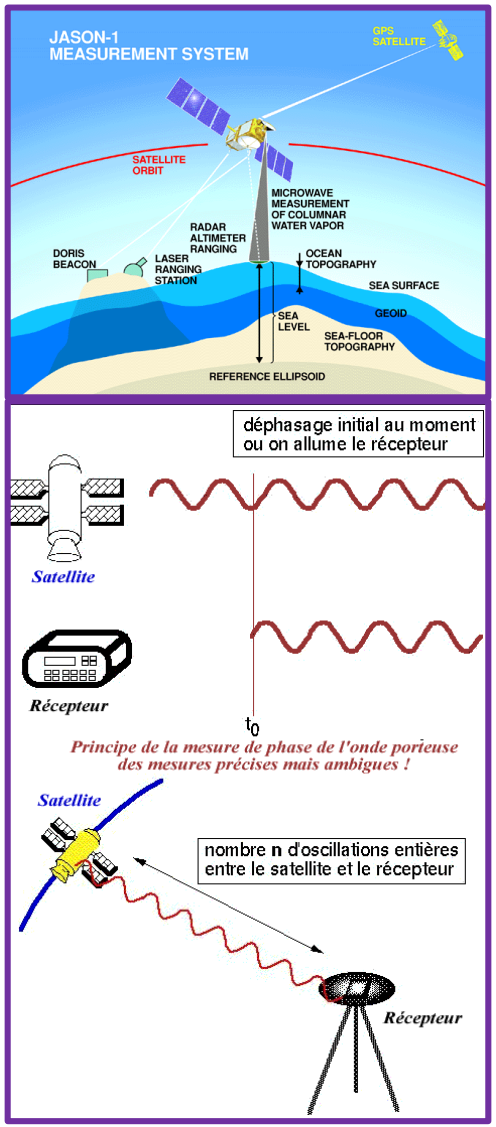
# Combinaisons multi techniques des observations de géodésie spatiale sur Jason-2

M. Zoulida[1], A. Pollet[1], D. Coulot[1,2], R. Biancale[3]
email : myriam.zoulida@ign.fr

[1] Institut National de l'Information Géographique et Forestière– LAREG, Université Paris Diderot, GRGS, Paris, France
[2] IMCCE – Paris, France
[3] Observatoire Midi-Pyrénées, GET, Toulouse, France

# Contexte de l'étude

- La combinaison au niveau des observations des différentes techniques de géodésie spatiale peut exploiter les paramètres communs de celles-ci dans le but de réaliser des repères de référence de haute précision.
- Afin de réaliser des repères terrestres homogènes, il est nécessaire de rattacher les techniques par des liens terrestres (Local ties - LT).
- Il est possible de rattacher les techniques par des liens spatiaux (Space Ties - ST), présents sur les satellites multi-techniques.
- Combinaisons multi-techniques comprenant les observations GPS, SLR et DORIS du satellite altimétrique Jason-2.
  - Effet sur la détermination des orbites des satellites GPS ainsi que sur celle de Jason-2.
  - Effet sur la résolution des ambiguïtés entières des stations GPS.
  - Etude préliminaire de l'effet sur la position des stations.



# Plan de la présentation

- Liens terrestres – Local Ties
- Liens Spatiaux – Space Ties
- La proposition GRASP
- Résolution des ambiguïtés entières
- Etude de l'estimation des orbites GPS
- Etude de l'estimation de l'orbite de Jason-2
- Etude préliminaire sur l'estimation de la position des stations GPS
- Conclusions
- Perspectives

# Liens Terrestres - Local Ties (LTs)

- International Terrestrial Reference Frame – ITRF: réseau global de stations des 4 techniques.
- Plusieurs techniques sur le même site → site de co-localisation.
- Local Ties: vecteurs entre les points de référence de chaque technique.
- Ces liens présentent certains inconvénients…:
  - Mauvaise distribution observée lors de calculs de combinaisons hebdomadaires.
  - Leur précision varie selon le site de co-localisation (≥3mm [Altamimi, 2005] ) .
  - Désaccords entre les LTs disponibles et l'estimation des positions des stations correspondantes par méthodes de géodésie spatiale (37% des co-localisations à plus de 1cm [Altamimi et al., 2011]).
  - Impossibilité de validation externe.

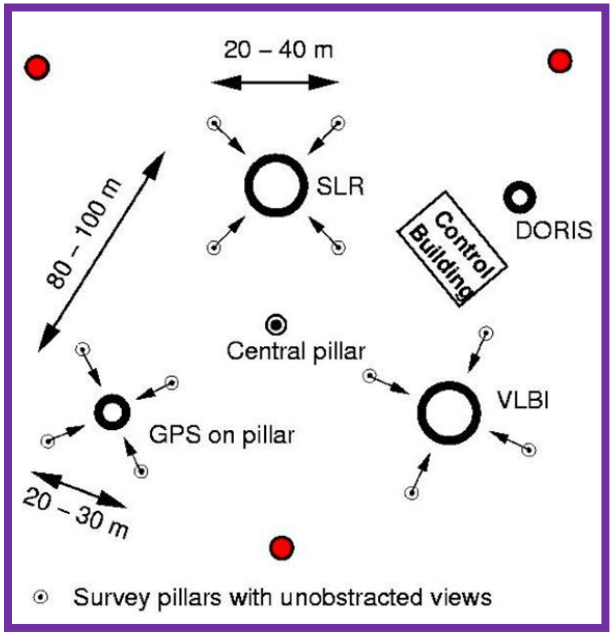



Figure 1: Site de co-localisation

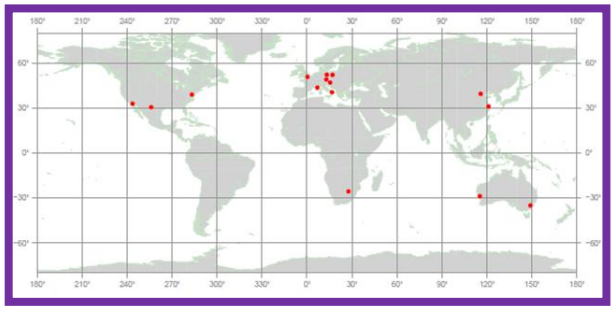


Figure 2: Distribution hebdomadaire de co-localisations SLR

# Liens Spatiaux - Space Ties (STs)

Les satellites multi-techniques peuvent être considérés comme des sites de co-localisation mobiles dans l'espace.

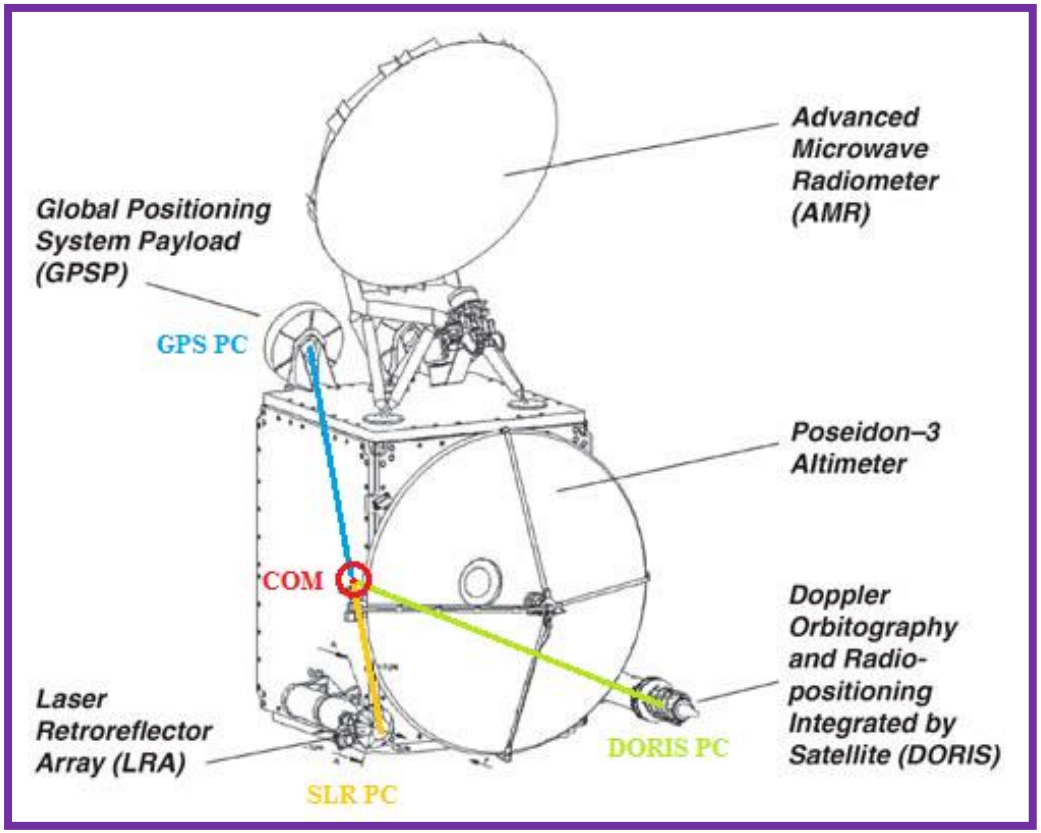



Figure 3: http://www.nasa.gov/ - Jason-2

Avantages des liens spatiaux:

- Densification des co-localisations.
- Inter-étalonnage des techniques.
- Contrôle indépendant des LT.

Inconvénient principal: les points de référence des techniques ne sont pas nécessairement bien connus.

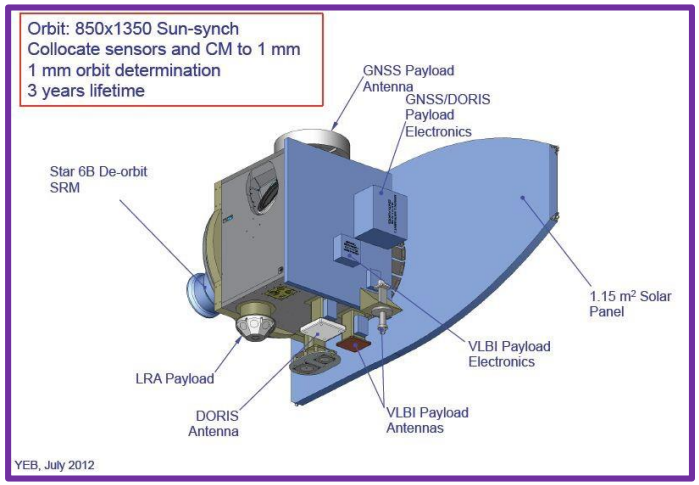
# La proposition GRASP

GRASP (Geodetic Reference Antenna in SPace)

Instruments : GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO), DORIS, SLR, émetteur VLBI, horloge ultra-stable, accéléromètre, senseur d'étoiles.

Étalonnage très précis des instruments avant le lancement.

Connaissance très précise des points de référence (instruments et centre de masse) sur le satellite.



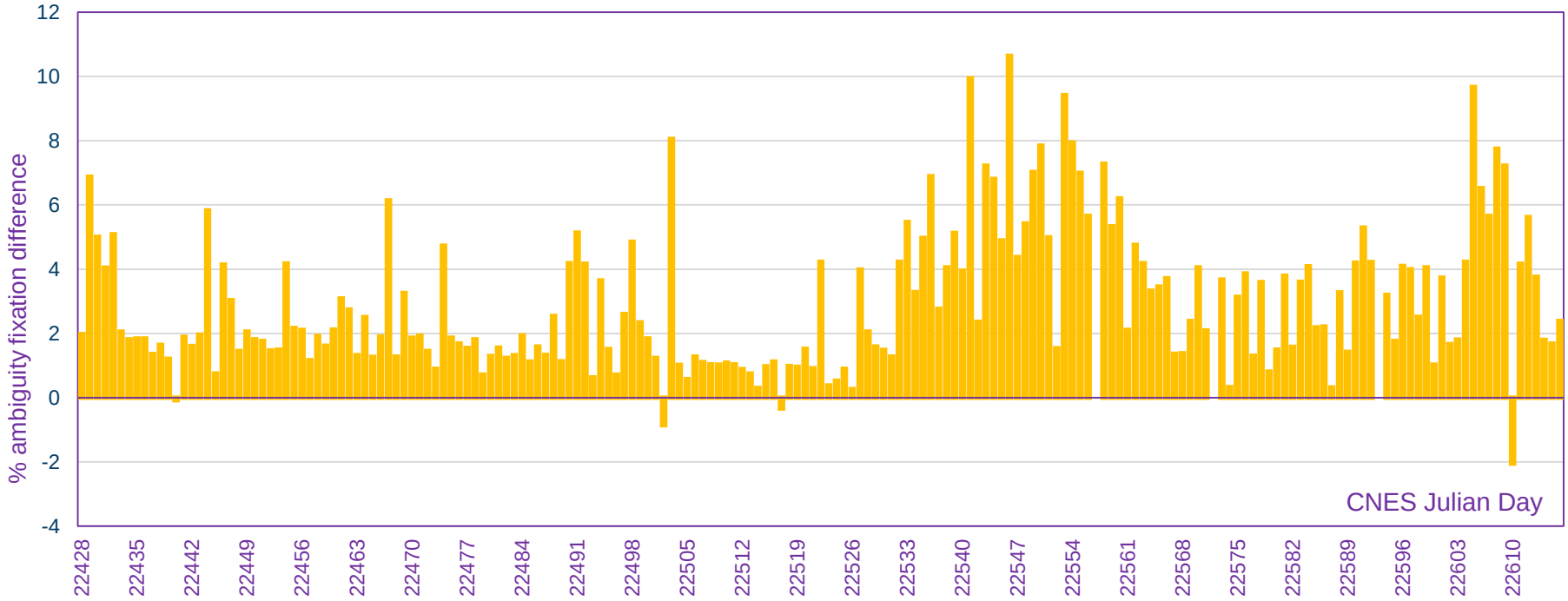

- Objectifs principaux:
- Amélioration des références de l'IERS (ITRF, ICRF, EOP) via un rattachement spatial mobile très précis. En particulier, atteinte des objectifs d'exactitude (1 mm) et de stabilité (0.1 mm/an) fixés pour l'ITRF par la communauté des Sciences de la Terre (GGOS 2020).
- Étalonnage et inter-comparaison précis des mesures de géodésie spatiale.

- Mission proposée en 2011 par le JPL à la NASA, classée deuxième.
- Proposition F-GRASP (French GRASP) faite par le GRGS, nouvelle proposition GRASP du JPL à la NASA à l'automne 2015.
- Le GRGS (principalement, IGN et OMP) s'est engagé à faire des simulations dans le cadre de cette proposition de mission.
- **Jason-2 peut être vu comme un prototype de GRASP.**

# Paramètres de l'estimation des orbites

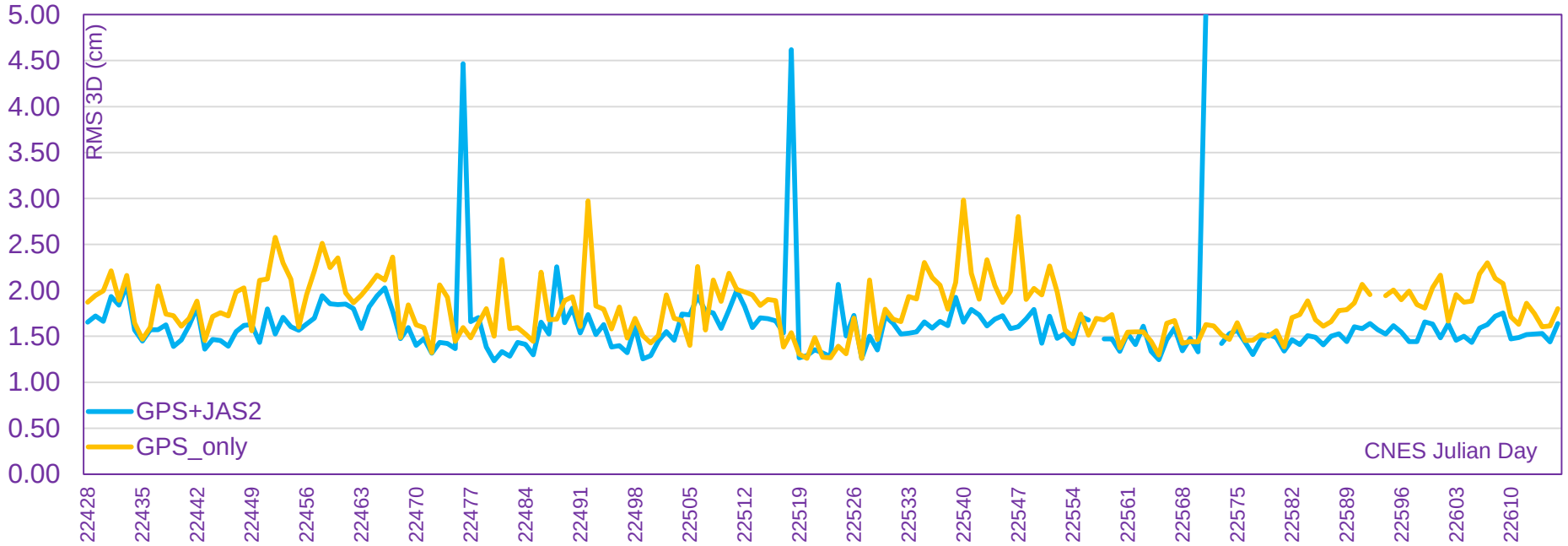
- Période d'étude de 6 mois (20/05-03/12/2011).
- Les orbites des satellites GPS ont été estimées à partir des observations des stations GPS seules (solution GPS_only) et des observations GPS+JAS2 (GPS, DORIS, SLR – solution GPS+JAS2).
- Résolution des ambiguïtés sur les stations GPS (pas réalisable sur JAS2).
- Echantillonnage des observations GPS 300s.
- Pas d'intégration des orbites: 300s pour les satellites GPS, 60s pour Jason-2.
- Logiciel GINS/Dynamo, modélisation selon le centre d'analyse CNES/CLS de l'IGS (International GNSS Service).

# Etude de la résolution des ambiguïtés entières




- Fixation des ambiguïtés pour la solution GPS_only et la solution GPS+JAS2 sur les stations GPS.
- Comparaison du taux de fixation entre les deux solutions.
- Les valeurs positives indiquent un plus haut taux de fixation pour la solution GPS+JAS2.

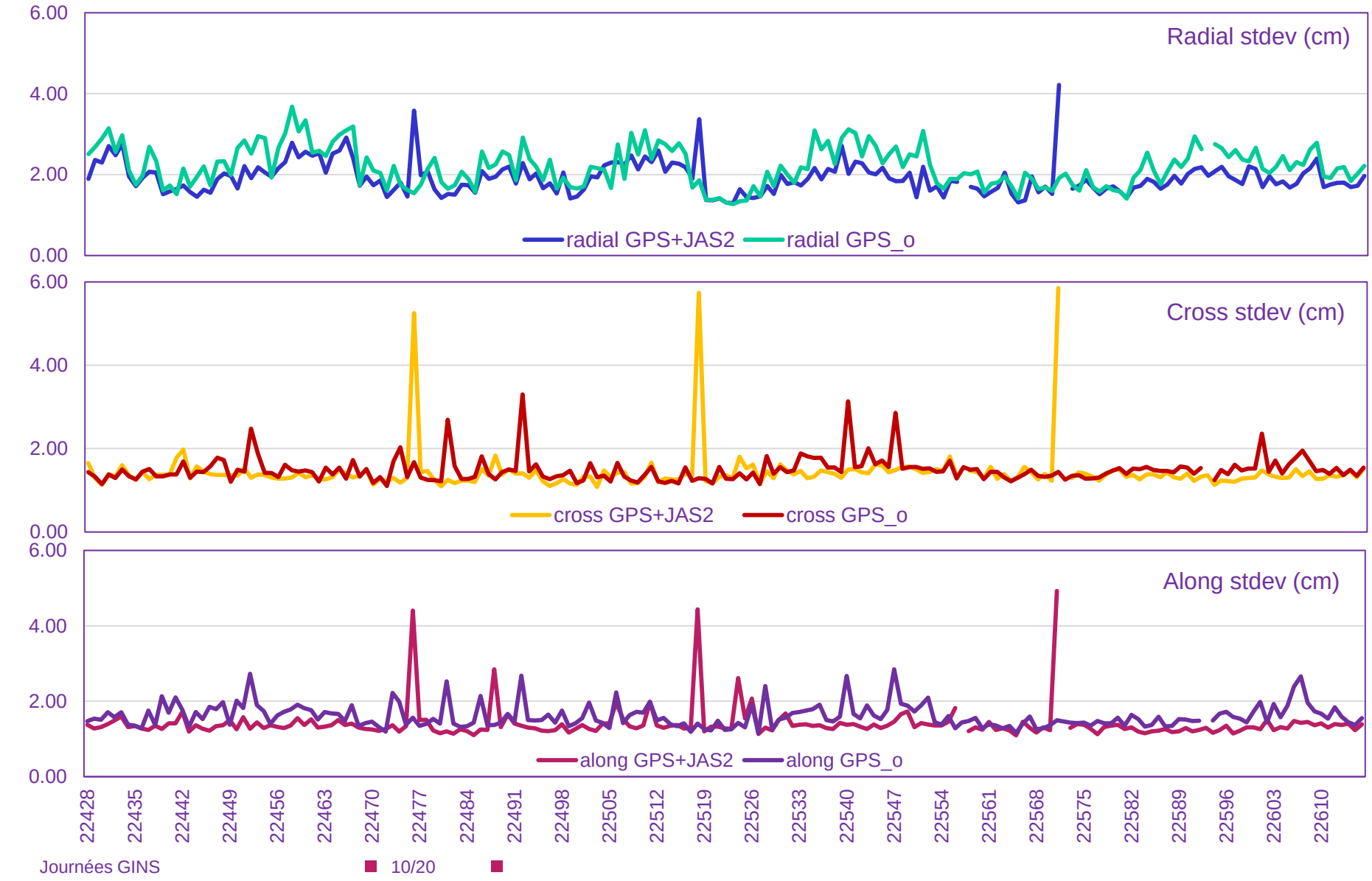
# Etude des orbites GPS



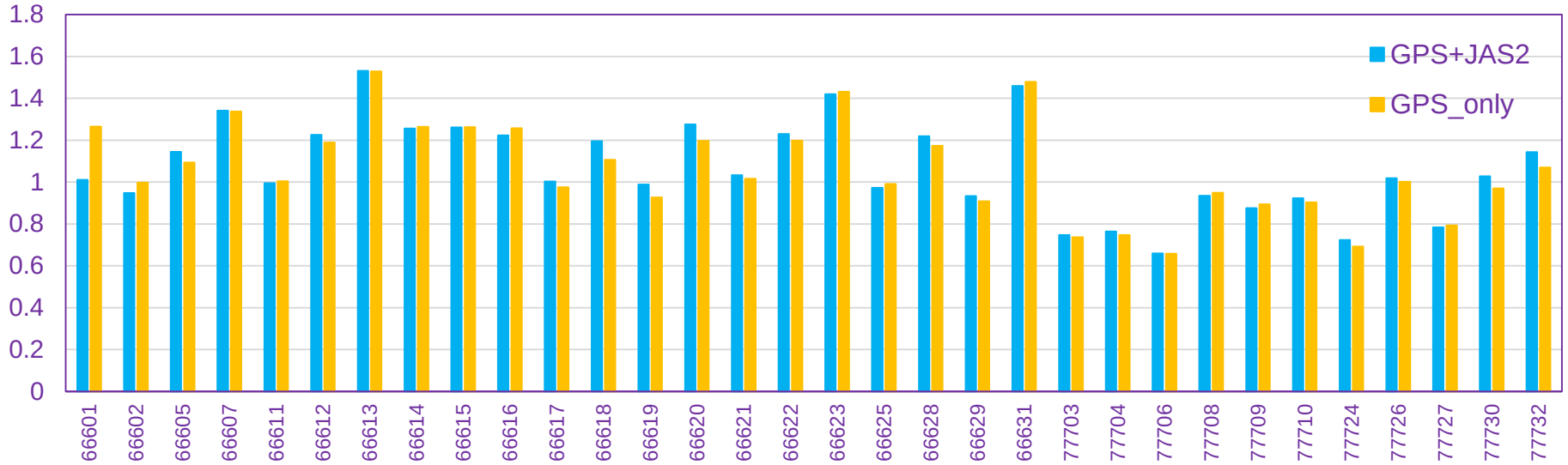

- Comparaison des orbites GPS de chacune des deux solutions aux orbites IGS.
- Les deux jeux d'orbites sont en plutôt bon accord avec les orbites IGS.
- Les valeurs statistiques des RMS montrent que les orbites issues de la solution GPS+JAS2 sont l plus proches des orbites IGS.

| (cm) | GPS+JAS2 | GPS_only |
|---|---|---|
| average | 1.62 | 1.80 |
| min | 1.23 | 1.26 |
| max | 5.04 | 2.98 |
| median | 1.57 | 1.78 |

# Etude des orbites GPS



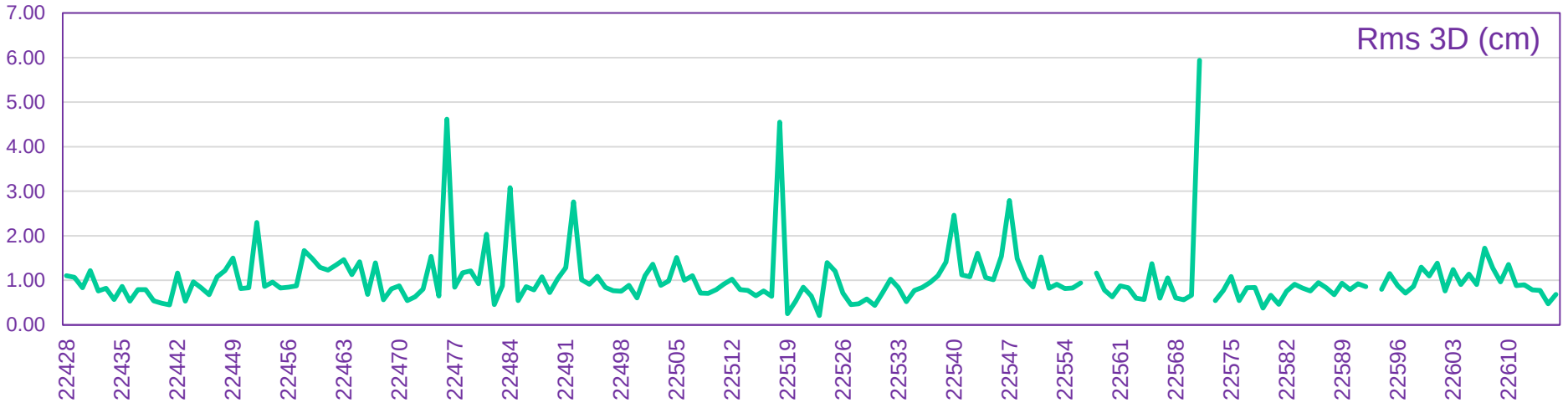
# Etude des orbites GPS



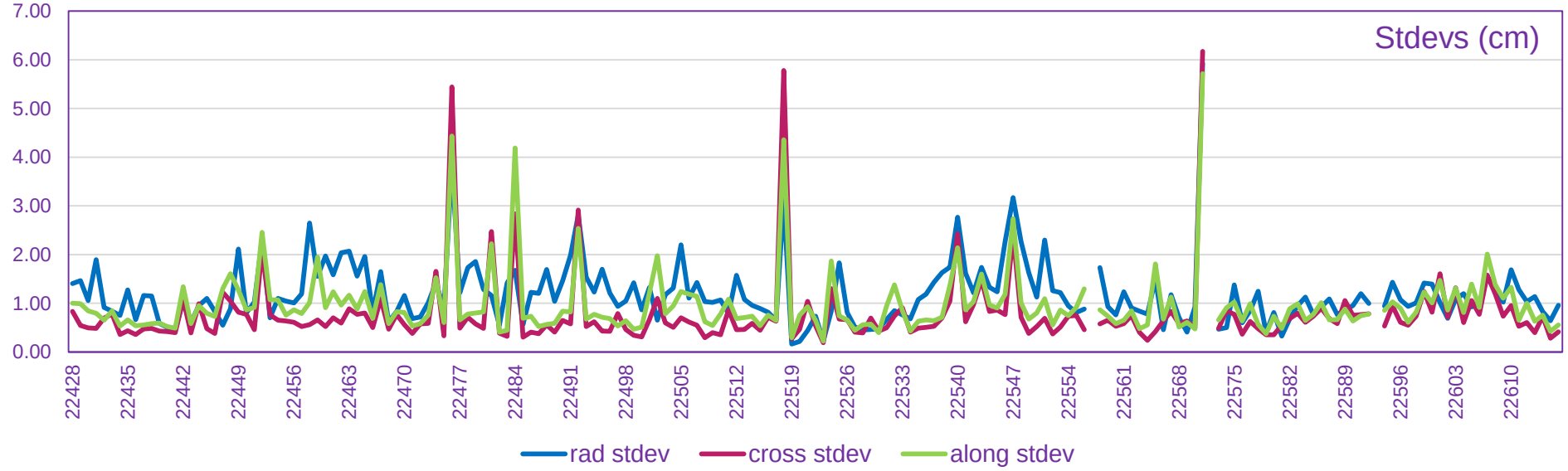

- Stdev en radial de la comparaison -> médiane par satellite GPS
- Bon accord entre les solutions
- Pas de désaccord par bloc
- Nombre de jours où les mesures des satellites GPS ont étés utilisés…

| | 1 | 2 | 5 | 7 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GPS_only | 97 | 186 | 173 | 179 | 187 | 184 | 178 | 186 | 188 | 173 | 183 | 188 | 183 | 188 |
| GPS+Jas2 | 49 | 184 | 170 | 173 | 186 | 182 | 173 | 185 | 186 | 166 | 184 | 185 | 184 | 186 |
| | 23 | 25 | 28 | 29 | 31 | 3 | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 | 26 | 30 | 32 |
| GPS_only | 169 | 185 | 187 | 184 | 186 | 187 | 175 | 185 | 165 | 185 | 188 | 187 | 151 | 184 |
| GPS+Jas2 | 164 | 182 | 187 | 187 | 182 | 184 | 176 | 182 | 163 | 177 | 186 | 184 | 123 | 184 |

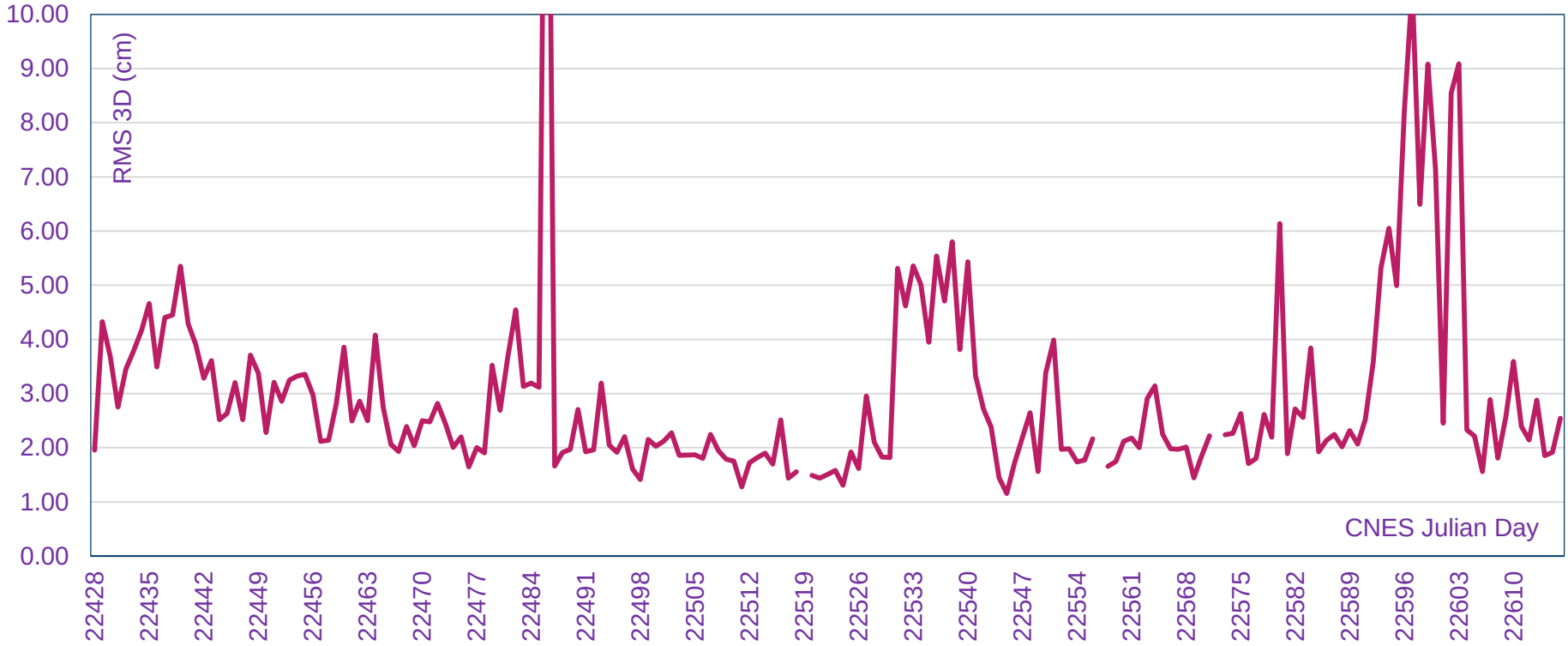
# Etude des orbites GPS




Comparaison entre les orbites GPS des deux solutions

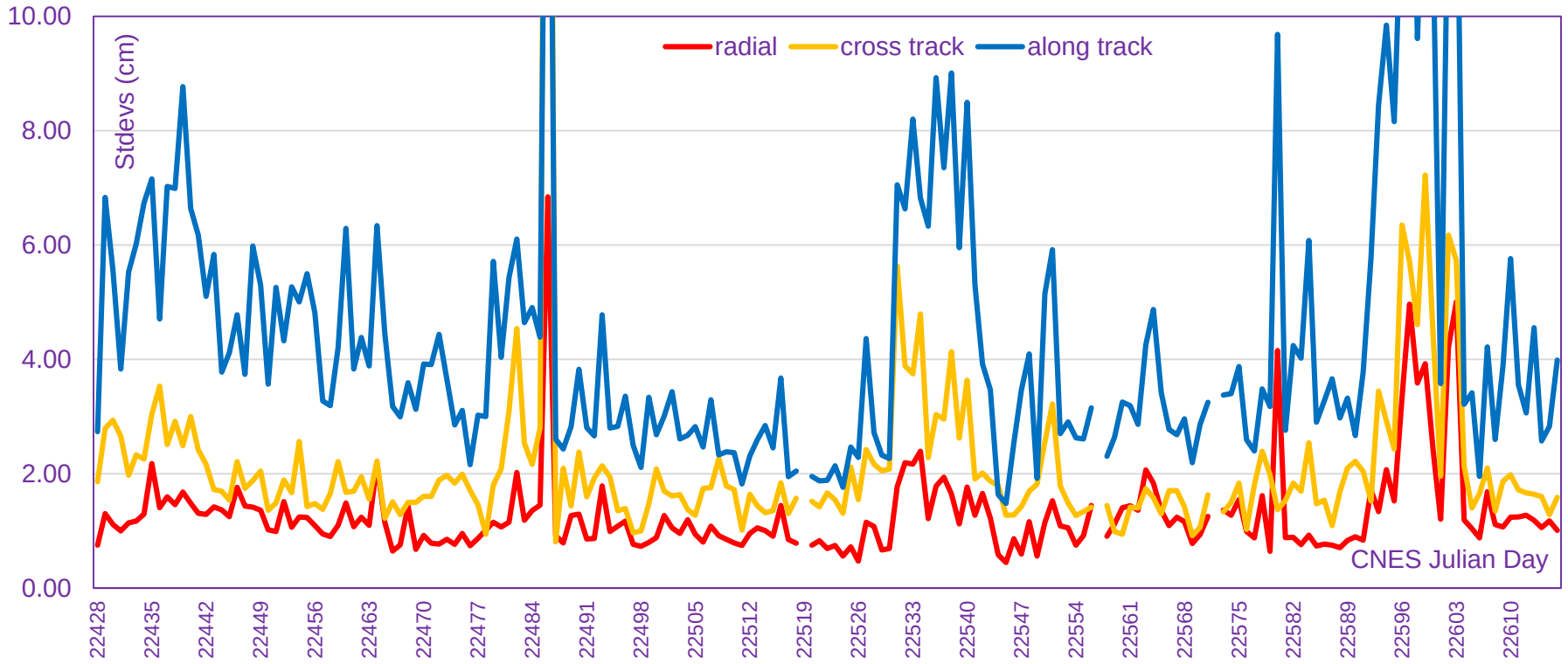


# Etude de l'orbite Jason-2




- Comparaison des orbites Jason-2 aux produits POD (Precise Orbit Determination) du SSALTO (Segment Sol multimissions d'ALTimétrie, d'Orbitographie et de localisation précise - CNES).
- RMS 3D de la comparaison, médiane de 2.4 cm
- Sauts lies a l' activité solaire….sous investigation.

# Etude de l'orbite Jason-2

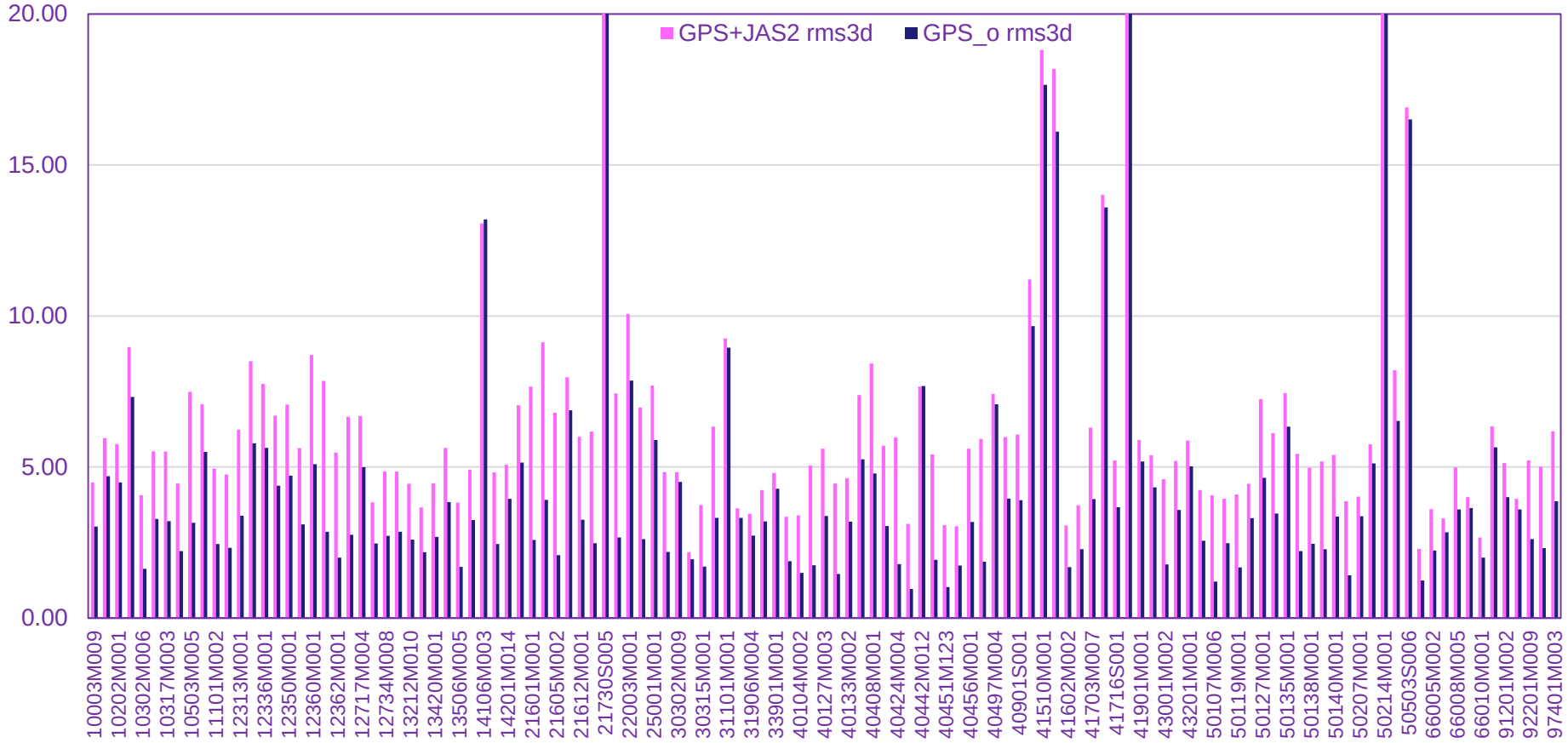



- Ecart type de la comparaison sur les composantes.
- Médiane de l'écart type en radial de **1.1 cm**.
- La plus grosse partie de l'erreur se trouve sur la composante le long de la trace, qui est habituellement la moins bien connue à cause de la modélisation des forces de surface.

# Etude sur les positions des stations

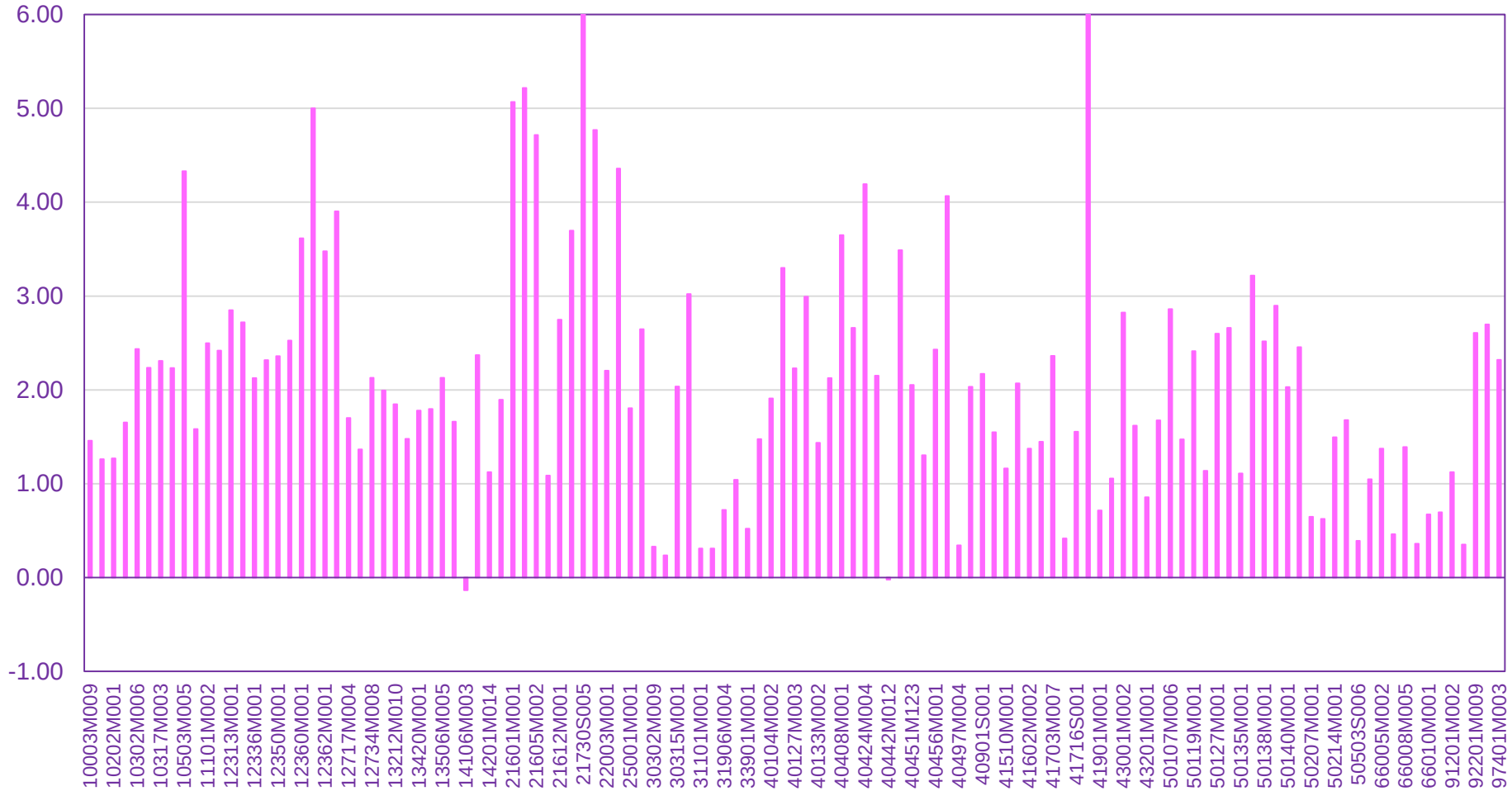
**LOCOMOTIV:** Logiciel de combinaison des systèmes d'observation, (matrices de dérivées partielles) permettant une élimination sur l'ensemble des mesures.

**RMS 3D en mm sur les 6 mois** pour chaque station GPS, comparaison entre les deux calculs



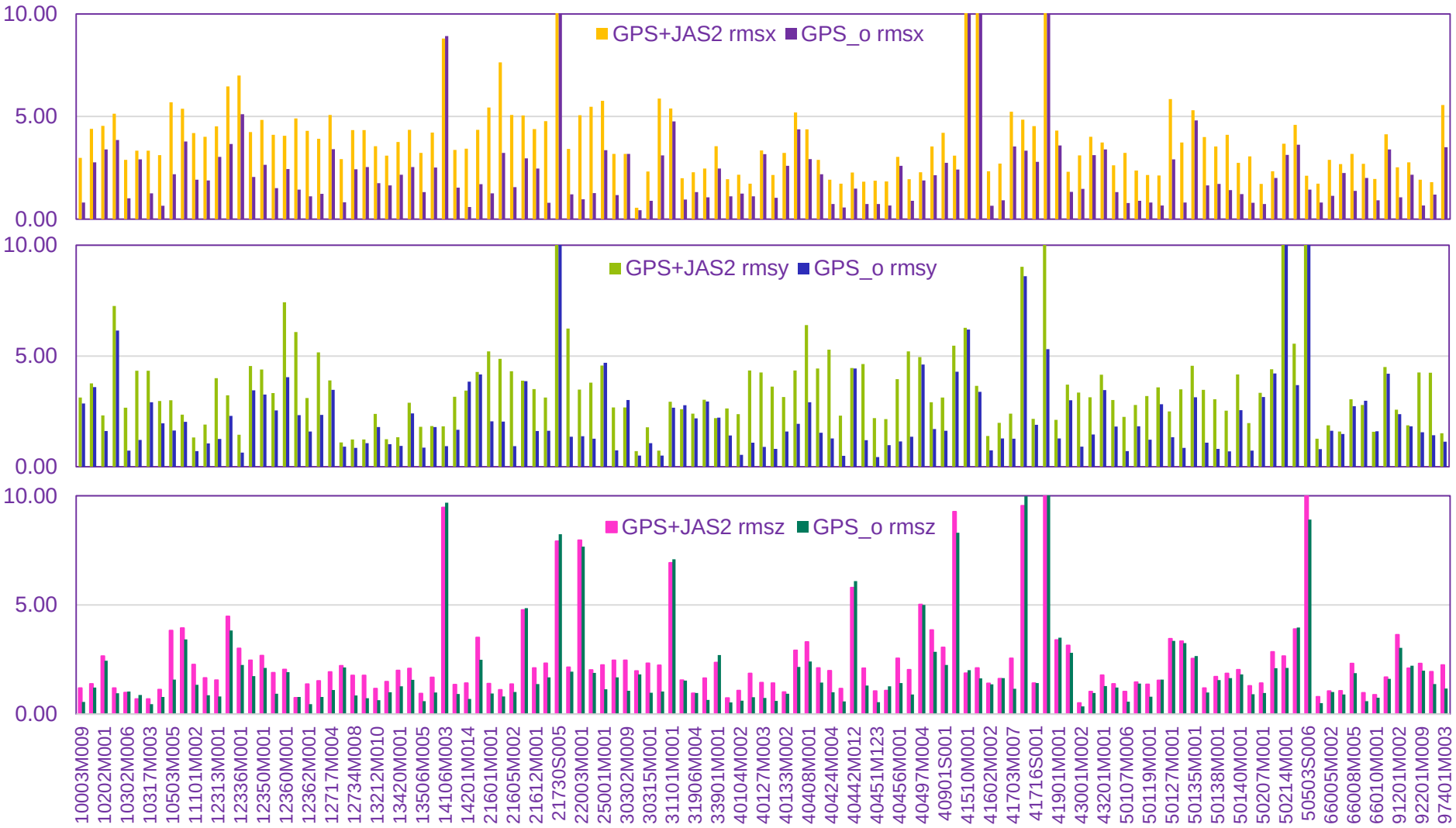
# Etude sur les positions des stations

**Differences des RMS 3D en mm sur les 6 mois** pour chaque station GPS, comparaison entre les deux calculs: valeur positive…plus gros RMS 3D pour le calcul GPS+JAS2



# Etude sur les positions des stations

**RMS en mm par composante** sur les 6 mois pour chaque station GPS, comparaison entre les deux calculs



# Conclusions

- L’ajout d’un satellite bas multi-techniques donne des résultats prometteurs sur la détermination des orbites GPS en comparaison aux orbites IGS.
- L’ajout des observations de Jason-2 semble améliorer la résolution des ambiguïtés entières sur les stations GPS.
- L’estimation de l’orbite de Jason-2 donne des résultats plutôt bons, en comparaison avec la solution POD SSALTO.
- Les appoints des stations GPS par rapport a l’ITRF sont dans la majorité des cas sous le cm pour les deux solutions.

# Perspectives

- Définition d'une stratégie d'estimation des liens spatiaux.
- Etude détaillée sur la qualité d'estimation des stations, en comparant les coordonnées avec les solutions hebdomadaires repro2.
- Dans le futur, la période d'étude devrait être étendue à une durée d'au moins 3 ans, afin d'évaluer les effets d'une telle solution sur l'estimation du géocentre et sur les vitesses des stations.
- Envisager l'étude des effets d'une constellation de satellites bas plus complète sur l'estimation des orbites GPS.

# Merci de votre attention!