

23 janvier 2023

Réunion GNSS low-cost

Instrumentes et solutions de traitement

Besoins divers par applications, nécessitant le développement de solutions instrumentales variées

OMIV (et SNOV, et Glacioclim)

- Glissements « rapides » : **précision recherchée ± 1 cm, GNSS low-cost mono-fréquence**, traitement double différence RTKLib de réseaux de ligne de base courte, solution journalière
- Glissements « lents » + volcans : **précision recherchée ± 0.5 cm, GNSS low-cost bi-fréquence**, traitement double différence et PPP (Gamit, GINS, Gipsy)

Besoins :

- instrumenter des zones 'à forte dynamique' (perte possible de la station), nappe de stations pour des réseaux permanents/semi-permanents, faible consommation énergétique
- déploiement temporaire de réseau GNSS ultra-dense (type nodes sismologiques)

RENAG

- Station « géodésique » pour la géodynamique : **précision recherchée = mm, GNSS low-cost bi-fréquence**, traitement double différence et PPP (Gamit, GINS, Gipsy)

Besoins :

- Grande stabilité instrumentale (horloge, monument, etc), solution low-cost bi-fréquence comme alternative aux récepteurs géodésiques Trimble/Leica
- Disposer d'instruments pour des campagnes GNSS
- Fournir des métadonnées adaptées (expertise centre de données)

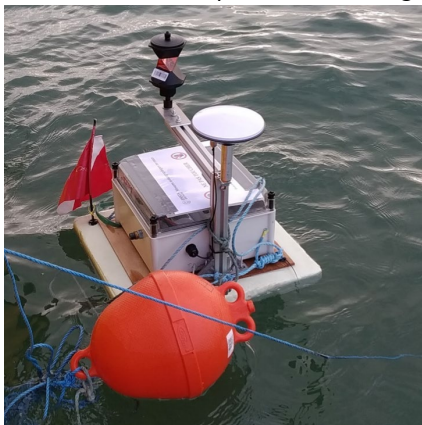
Développements/tests instrumentaux de récepteurs GNSS low-cost

Besoins divers par applications, nécessitant le développement de solutions instrumentales variées

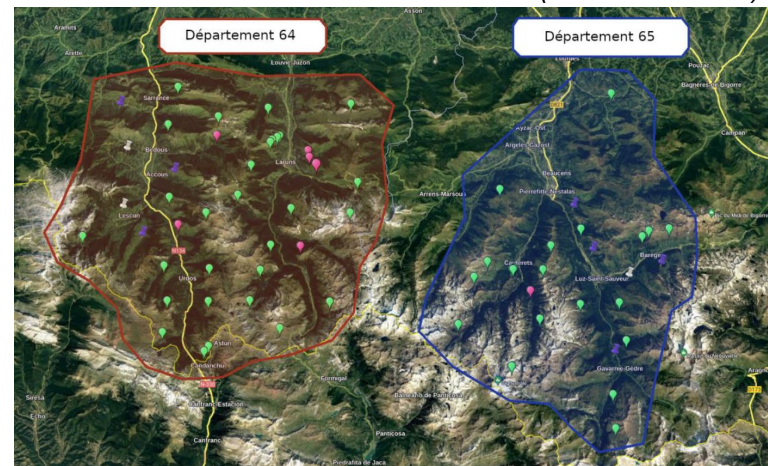
Recherche

- GNSS « maritime » : GNSS sur bouées, surveillance du niveau des mers, etc
- GNSS « glaciers polaires/banquises » : interactions océan – banquise – glaciers - vêlage (Antarctique)
- GNSS pour l'atmosphère (gradients troposphériques, contenu électronique total ionosphérique, etc)
- Envirosciences : station multi-capteur intégrée GNSS bi-fréquence + station météorologique + sismomètres (réseau de 50 stations en cours d'installation dans les Pyrénées)

Bouée marine (ENSTA Bretagne)



Réseau EnviroSciences (EOST/GéoAzur)



Ordre du jour

1. Point sur les développements instrumentaux (récepteurs, antennes) : Maurin Vidal
1. Qualité statistique des données (Anubis, bâtiment Sophia - phase 2) : Lucie Rolland
1. Package de données pour les tests : Xavier Wanner
1. Solution GipsyX :
 - a. Xavier Wanner - low-cost ZED-FP9 + Septentrio
 - b. Pierre Bosser - low-cost réseau Centipède
1. Solution GINS : Jean-Paul Boy
1. Solution GAMIT : Paul Jarrin

Développements/tests instrumentaux de récepteurs GNSS low-cost

→ Solutions instrumentales diverses débuté en 2017

Mono-fréquence : solution dite Géobalise (Géoazur + AzurGeoLogic)

- > 50 stations déployées sur glissements de terrain (OMIV, et autre)
- Multi-constellation (GPS, GLONASS, GALILEO),
- puce GNSS UBloxM8T, consommation env. 0.2 W en continu
- solution journalière



Bi-fréquence :

- Nombreux tests en cours : récepteur Ublox F9P, récepteur Septentrio, type d'antennes
- > 10 stations ZED-F9P déployées (Géoazur, EOST) (site OMIV + Pyrénées + bâtiment – Sophia, EOST, OMP)

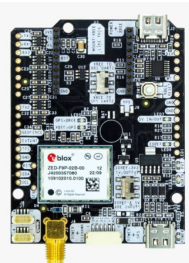
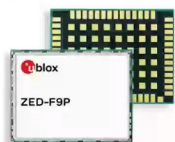
- Ublox ZED-F9P (Ardusimple RTK2B) : multi-constellation (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU), seulement 1/2 des satellites GPS exploitables en bi-fréquence, sauts de cycles, antenne avec fiche de calibration ANTEX

- Swift Navigation (carte simple et version durcie)
- Septentrio mosaic X5/Go, multi-constellation (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU)



A)))S

230€



→ Restrictions techniques du récepteur Ublox F9P

Types de signaux enregistrés :

- GPS L2C uniquement:
Code civil envoyé par les satellites récent (Block 2 et 3) -> 23 satellites
Pseudo-distance moins contrainte qu'avec L2W (P2)
- Galileo E5B (L7) uniquement:
Vérifier la compatibilité avec les logiciels scientifiques.

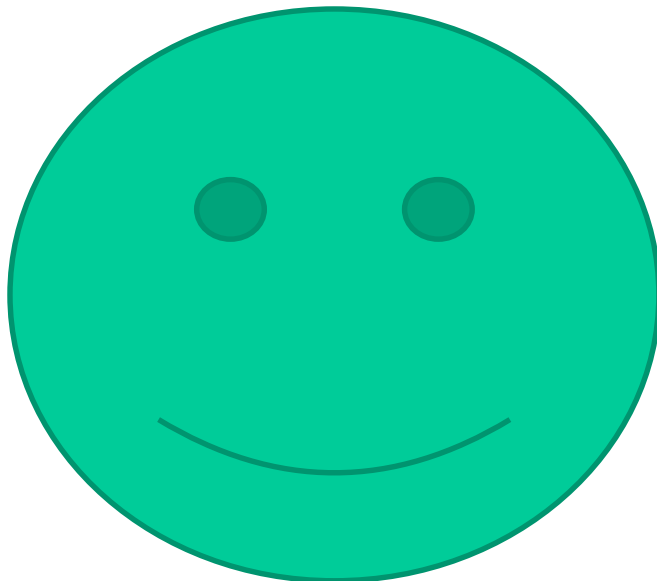
Date des observations:

- L'observation n'est pas en phase avec la milliseconde GPS (chaque X.000 sec)
En Double-Différence, les observations du récepteur ne sont pas synchrones avec la station de référence.

```
> 2023 1 23 0 0 0.7970000 0 24  
G23 37362789.208 2 196342853.514 1  
...  
E 9 27573902.412 4 144901744.067 3  
> 2023 1 23 0 0 30.7970000 0 24  
G23 37362440.767 2 196341020.357 1  
...  
E 9 27578600.390 4 144926443.441 4  
> 2023 1 23 0 1 0.7980000 0 24  
G23 37362093.132 2 196339191.757 1
```



→ Restrictions techniques du récepteur Septentrio Mosaic X5/Go



Validation initiale Nov. 2021 par R. Jin, P. Sakic et al. avec EPOS-RT (cf. AG RENAG et diapo complémentaire en fin de présentation) sur données temps différé et temps réel (diffusion via Ntrip du RENAG)

Développements/tests instrumentaux de récepteurs GNSS low-cost

→ Chaîne d'acquisition du récepteur Ublox F9P



Acquisition 20hz
Format propriétaire
UBX



Fichiers bruts
1h enregistré
en RamDisk



Décimation 1s/1h
et 30s/24h
Dates obs Tronqués



**Fichiers Rinex3 avec date d'observation à la milliseconde finie.
Tolérance d'horodatage inférieure à 25ms (compatible spécification RINEX).**

Développements/tests instrumentaux de récepteurs GNSS low-cost

→ Antenne ArduSimple calibrée (NGS):

- AS-ANT2BCAL 149€ -> L1/L2/L5
- AS-ANT3BCAL 199€ -> +L6 inutile...

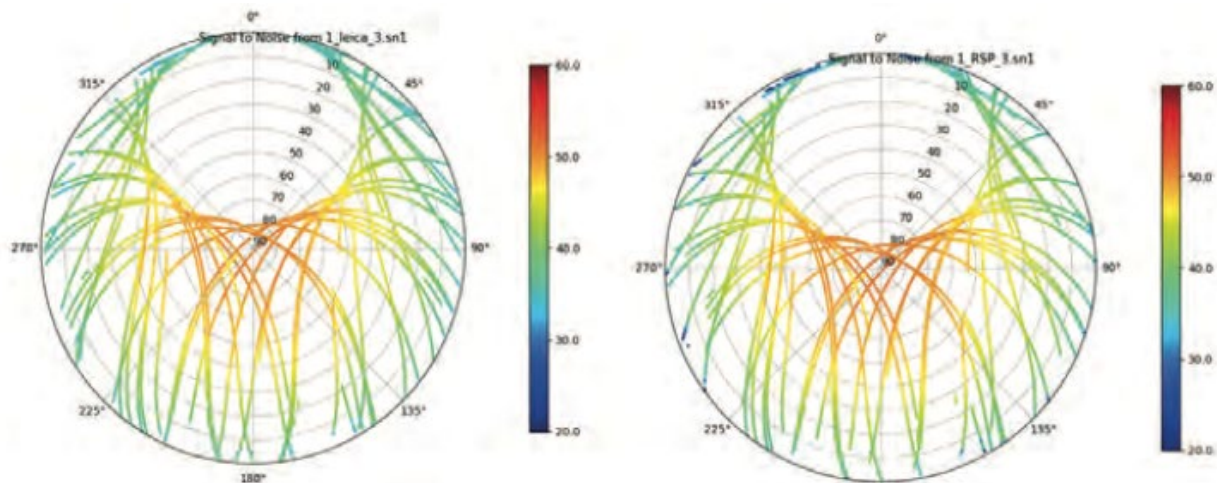
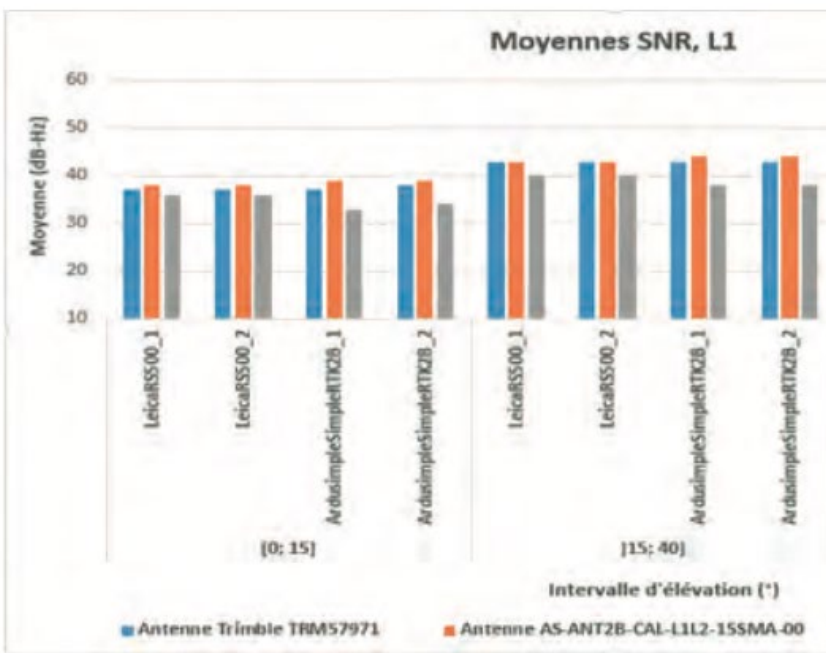


Figure 10. Cartes du ciel des valeurs de rapport signal à bruit obtenues sur la fréquence L1 GPS avec l'antenne Trimble Zéphyr 2 et les récepteurs Leica GPS500 (à gauche) et ArduSimple SimpleRTK2B (à droite).

Stations « test » et données : plusieurs configurations

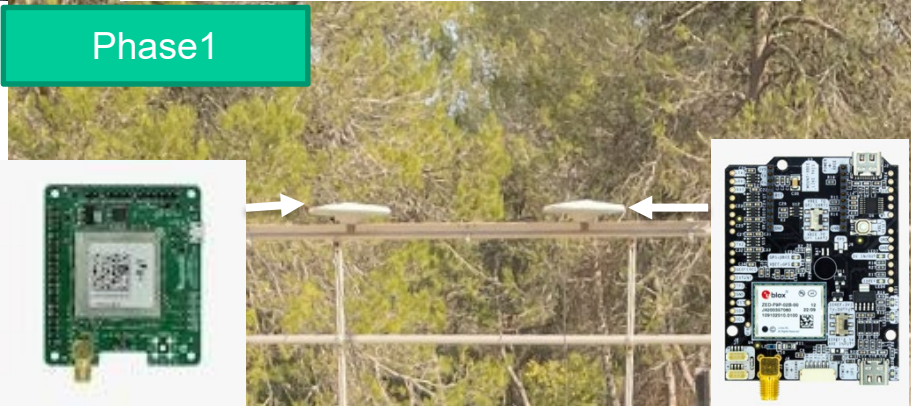
CGRO



Phase2



Phase1



Stations « test » et données : plusieurs configurations

- **Station Caire-Gros** (Mercantour Marie-sur-Tinée)

GPS0 : UBLOX ZED-F9P + antenne TRM57971.00

- **Station low-cost EOST** (toit bâtiment EOST)

EVST : UBLOX ZED-F9P + antenne AS-ANT2BCAL

- **Station low-cost Geoazur** (toit bâtiment Géoazur)

Splitter

TEST : UBLOX ZED-F9P

Phase1 : TRM57971.00.

Phase2 : AS-ANT3BCAL

SEPT : SEPTENTRIO MX5

Phase1 : TRM57971.00.

Phase2 : AS-ANT3BCAL

Statistiques Anubis sur l'expérience SOPH – phase 2

Nombre d'époques utilisables (max

2880)

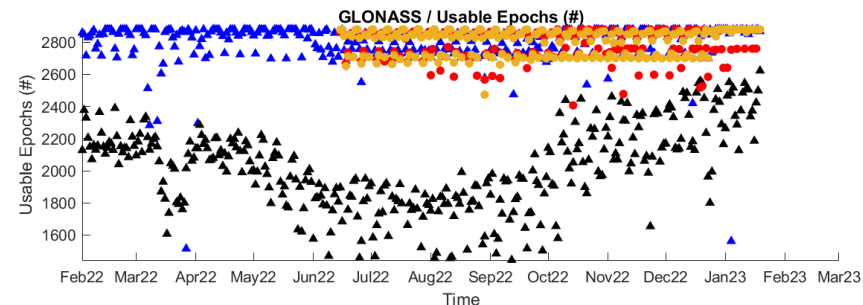
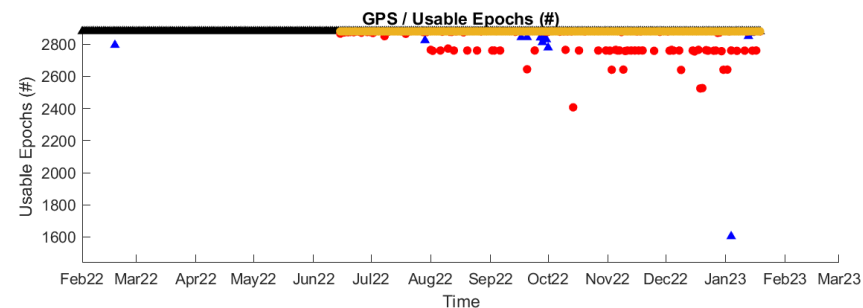
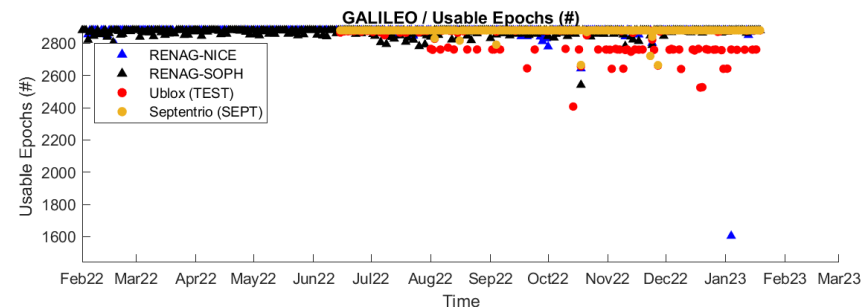
- détaillées sur les données des récepteurs low-cost (TEST et SEPT) sur RINEX3

<https://renag.resif.fr/pub/low-cost/SOPH/qc/>

- résumées seulement sur les stations géodésiques RENAG (NICE et SOPH) sur RINEX2 (pipeline EPOS-GNSS)

<https://renag.resif.fr/pub/quality-check/>

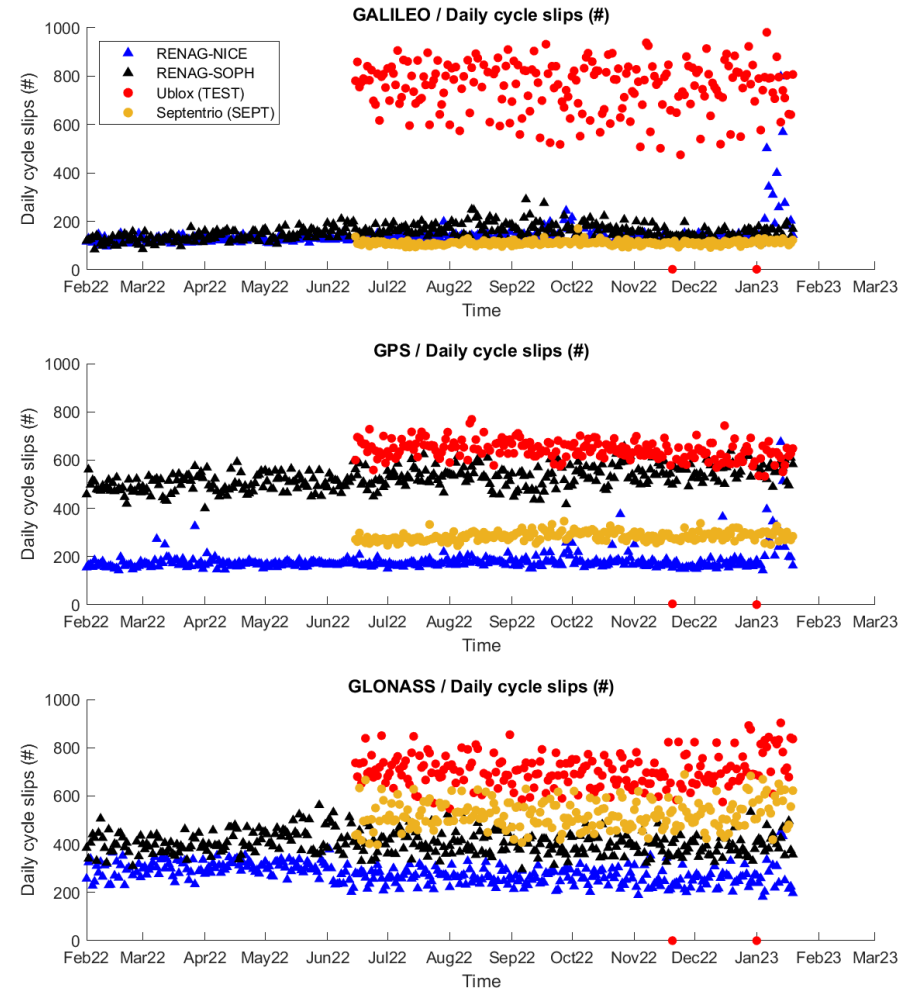
- Observation de la stabilité dans le temps
- Deux fois plus d'observables sur le Septentrio (SEPT), les Trimble NetR9 (NICE et SOPH), que sur le Ublox (TEST)
- Lissage désactivé sur tous les récepteurs (Ublox on ne sait pas), réduction de multi-trajet activé sur le Septentrio



Statistiques Anubis sur l'expérience SOPH – phase 2

Sauts de cycle

- détaillées sur les données des récepteurs low-cost (TEST et SEPT) sur RINEX3
<https://renag.resif.fr/pub/low-cost/SOPH/qc/>
- résumées seulement sur les stations géodésiques RENAG (NICE et SOPH) sur RINEX2 (pipeline EPOS-GNSS)
<https://renag.resif.fr/pub/quality-check/>
- Observation de la stabilité dans le temps
- Deux fois plus d'observables sur le Septentrio (SEPT), les Trimble NetR9 (NICE et SOPH), que sur le Ublox (TEST)
- Lissage désactivé sur tous les récepteurs (Ublox on ne sait pas), réduction de multi-trajet activé sur le Septentrio

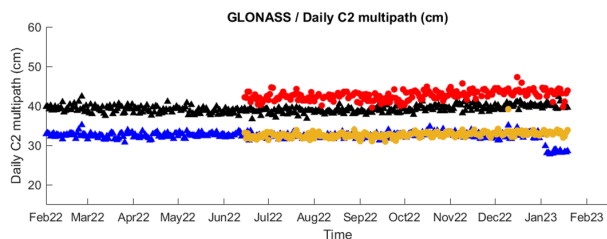
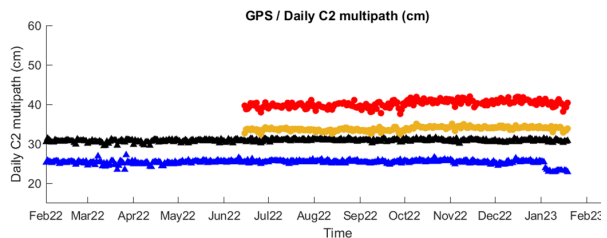
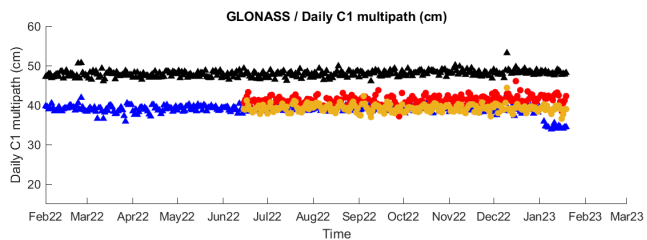
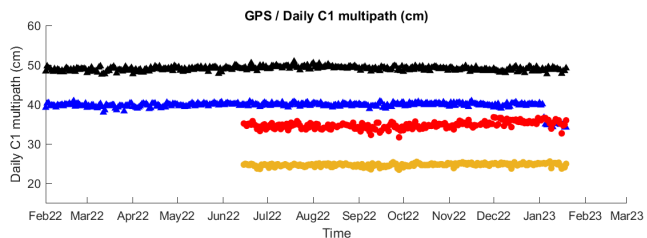
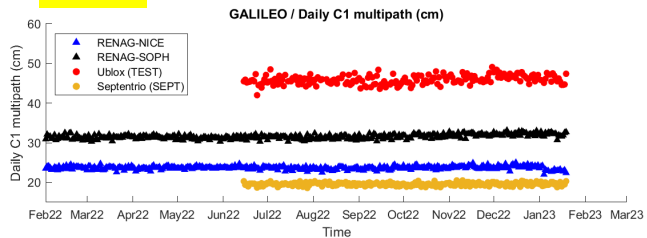


Statistiques Anubis sur l'expérience SOPH – phase 2

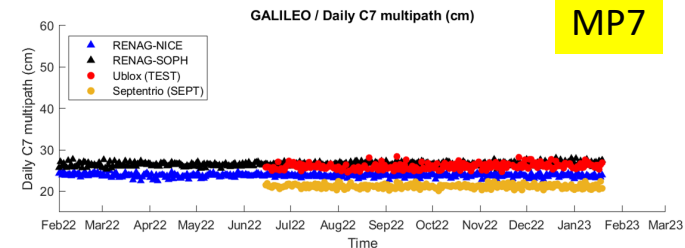
Multi-trajet

MP2

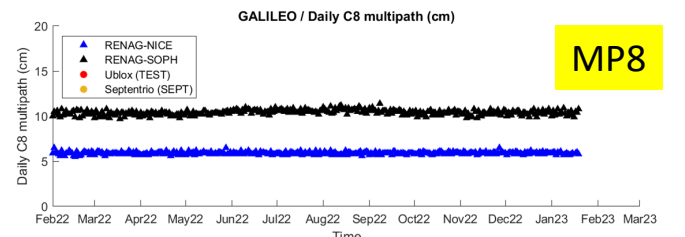
MP1



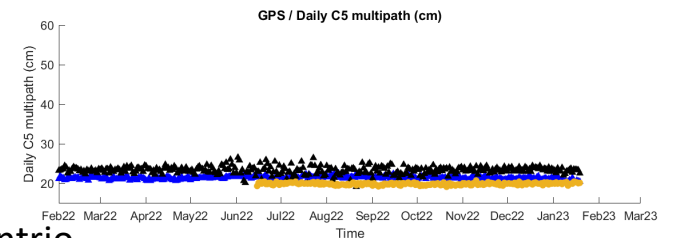
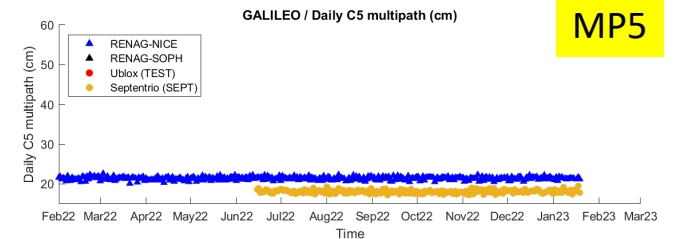
MP7



MP8



MP5



NB: réduction de multi-trajet activé sur le Septentrio

Statistiques Anubis sur l'expérience SOPH – phase 2

- détaillées sur les données des récepteurs low-cost (TEST et SEPT) sur RINEX3
- résumées seulement sur les stations géodésiques RENAG (NICE et SOPH) sur RINEX2
- Observation de la stabilité dans le temps
- Deux fois plus d'observables sur le Septentrio (SEPT), les Trimble NetR9 (NICE et SOPH), que sur le Ublox (TEST)
- Lissage désactivé sur tous les récepteurs (Ublox on ne sait pas), réduction de multi-trajet activé sur le Septentrio
- SEPT: « meilleur » récepteur pour Galileo, deux satellites géostationnaires Beidou (C02 et C05)

GALILEO

Row	CSall	mp1	mp2	mp5	mp7	mp8	UseEp
nice	138,7	23,7		21,4	23,8	5,9	2873,4
soph	151,7	31,5			26,5	10,4	2869,2
TEST	748,9						2812,2
SEPT	110,9	19,6		18,1	21,2		2876,1

GPS

Row	CSall	mp1	mp2	mp5	mp7	mp8	UseEp
nice	177,6	39,7	25,3	21,5			2875,4
soph	524,7	49,0	30,8	23,4			2880,0
TEST	636,4						2815,4
SEPT	285,5	24,8	33,9	20,0			2880,0

GLONASS

Row	CSall	mp1	mp2	mp5	mp7	mp8	UseEp
nice	306,1	39,0	32,5				2809,0
soph	428,8	47,9	39,2				2026,4
TEST	725,2						2767,0
SEPT	527,3	39,3	32,8				2805,1

Préparation d'un **package de données GNSS** low-cost en 2 versions sur <ftp://renag.unice.fr/low-cost/>

- Avec éphémérides : lowcost_dataset.tar.gz (5.5Go)
- Sans éphémérides : lowcost_dataset_wo_sp3_clk.tar.gz (1.8 Go)

Package :

- README
- Rinex 3 pré-processés
- fichier BLQ de surcharge océanique (modèle FES2014b)
- fichier de calibration d'antenne (ngs14.atx)
- solutions du calcul GipsyX au format PBO (EPOS) pour comparaison
- * les éphémérides utilisées

Calcul de solutions GNSS low-cost avec GipsyX (gipsy-oasis.jpl.nasa.gov)



Advances in Space Research

Volume 66, Issue 3, 1 August 2020, Pages 469-489



GipsyX/RTGx, a new tool set for space geodetic operations and research

Willy Bertiger ^a  , Yoaz Bar-Sever ^a, Angie Dorsey ^a, Bruce Haines ^a, Nate Harvey ^a, Dan Hemberger ^a, Michael Heflin ^a, Wenwen Lu ^a, Mark Miller ^a, Angelyn W. Moore ^a, Dave Murphy ^a, Paul Ries ^a, Larry Romans ^a, Aurore Sibois ^a, Ant Sibthorpe ^a, Bela Szilagyi ^a, Michele Vallisneri ^a, Pascal Willis ^{b, c}

Workflow de traitement GipsyX standard

```
> gd2e.py -r nx <rx_file>
```

- **PreProcess**

- Filtrage phase, range, clock
- Correction des sauts de cycle
- Décimation et smoothing des observations à 5 minutes

- **Process**

- Least Square Adjustment + Kalman Filter (OTL, modèle troposphérique, combinaison iono-free)
- ambiguity resolution avec les éphémérides JPL

- **PostProcess**

- Possibilité de combiner les solutions pour déterminer un modèle de déplacement avec prise en compte de la saisonnalité + coupures dans les séries (earthquake, changement de matériel, ...)

- **Problèmes**

- Les récepteurs F9P et MX5 ne sont pas pris en compte
- Les antennes AS-ANTxB-CAL ne sont pas prises en compte
- Pas de solution Iono-Free sans la bande L2W → UBX F9P ne sort que L2X ou L2L
- Le calcul MGEX est faisable mais sort du cadre standard (config spécifique)

Workflow de traitement GipsyX spécifique aux low-cost

• PreProcess

- Ajouter UBX-F9P et SEPT-MX5 aux configs GipsyX [Oguntuase, 2020]¹ (goa-var/etc/GPS_Receiver_Types)
- Convertir L2X → L2W (gfzrnX) pour F9P (MX5 a déjà L2W)
- PreEdit: PreRange off (GipsyX)

• Process

- IonoFree Combinaison :
 - C.* 2I_7I
 - E.* 1X_7X
 - G.* 1W_2W → ce qui pose problème lorsqu'il n'y a pas de W dans le Rinex (souvent X ou L)
- Products
 - MGEX
 - JPL Finals (GPS only)

- Modèle troposphérique

- GMF

- Modèle Ionosphérique

- 1st ordre : combinaison d'observation (cf ci-dessus)
- 2nd ordre : IONEX (non pris en compte ici, pour précision <1mm)

- Ocean Tide Loading

- FES2014

- Ambiguity Resolution

- MGEX : Off
- JPL : On

- Calibration antenne

- ngs14.atx → pour pouvoir utiliser AS-ANTxB-CAL

¹ Oguntuase, J. O. (2020). Cost-Effective GNSS Hardware for High-Accuracy Surveys and Its Prospects for Post-Processed Kinematic (PPK) and Precise Point Positioning (PPP) Strategies.

Workflow de traitement GipsyX spécifique aux low-cost

Commandes modifiées - modification du gde_tree (PreRange Off)

```
> rinex2StaDb.py - outFile {staDb} {rnX}
```

```
> rnXeditGde.py - d {rnX} - gdeTree {gde_tree} - atx {atxFile} - o {dataRecordFile}
```

```
> gd2e.py - gdCov - drEditedFile {dataRecordFile} - treeS {tree} - GNSSproducts  
{gnssProducts} - antexFile {atxFile} - recList {recList} - staDb {staDb}
```

Pour MGEX :

Il faut modifier les liens dans `$GIPSYX/lib/python/gcore/lgsGcoreConversions.py`

```
> igs2GipsyX.py - b {start_date} - e {end_date} - outDir {outDir} - productTypes {gfzMGEX3}  
- constellationList G R E C - full
```

Résultats : critères utilisés pour l'évaluation

Mean : moyenne des écarts entre la solution observée et la solution de référence

SD : écart-type des écarts (ne tient pas compte des biais)

RMSE : moyenne quadratique des écarts (combinaison de la précision relative et des biais)

sd_lm_ref / sd_lm_obs :

écart-type des résidus de la régression linéaire de la série (référence ou observée) → indicateur de stabilité intrinsèque de la série

slope_lm_ref / slope_lm_obs :

vitesse déduite de la régression linéaire de la série (ref ou obs) → comparaison du mouvement

Résultats : produits générés

GPS0 vs CGRO (NGL)

Absolute comparison (IGS14)

	mean [mm]	sd [mm]	rmse [mm]	sd_lm_ref [mm]	sd_lm_obs [mm]	slope_lm_ref [mm/yr]	slope_lm_obs [mm/yr]
MGEX w/o AR	-0.1	5.1	5.1	1.7	5	20.9	22.7
	0.2	2.2	2.2	2.1	2.4	14.4	14.4
	1.7	5.4	5.6	5.2	6.1	2.1	2.9
GPS w/o AR	-0.3	2.9	2.9	1.6	3.5	20.9	20.3
	1.2	1.6	2	2.1	2.4	14.3	14.6
	-2.5	4.2	4.9	5.3	5.9	2.3	2.5
GPS w/ AR	-0.4	1.1	1.2	1.7	1.9	20.9	21.1
	1.3	1.1	1.7	2.1	2.3	14.2	14.5
	-2.3	3.9	4.5	5.3	5.8	2.2	2.8

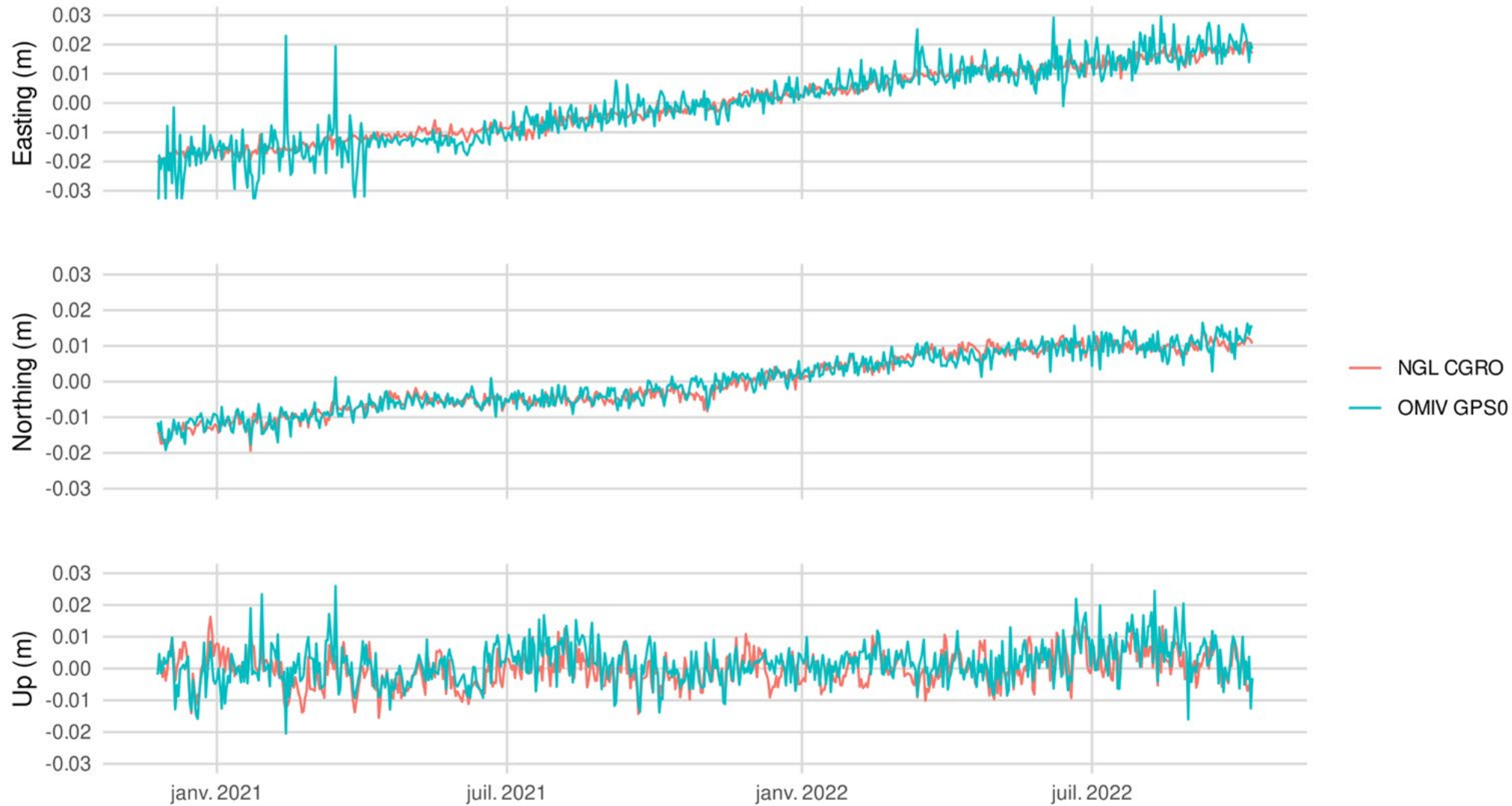
GPS0 et CGRO sont exactement les mêmes stations (utilisation d'un splitter)

On observe un biais plus important dans la solution GPS que dans la solution MGEX

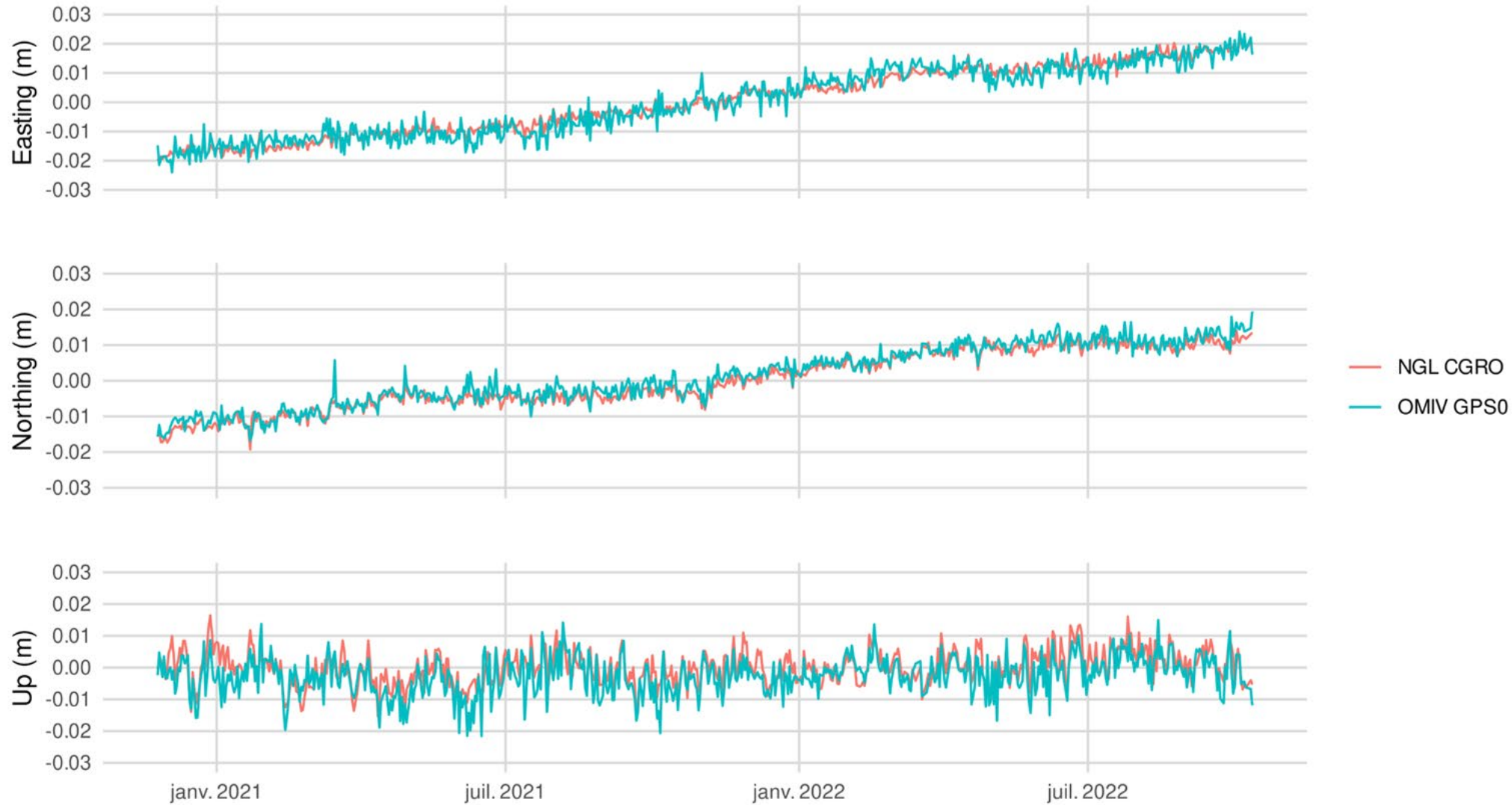
La précision plani est améliorée d'un facteur ~ 2.6 avec la solution GPS w/ AR

La précision alti est améliorée d'un facteur ~ 1.2 avec la solution GPS w/ AR

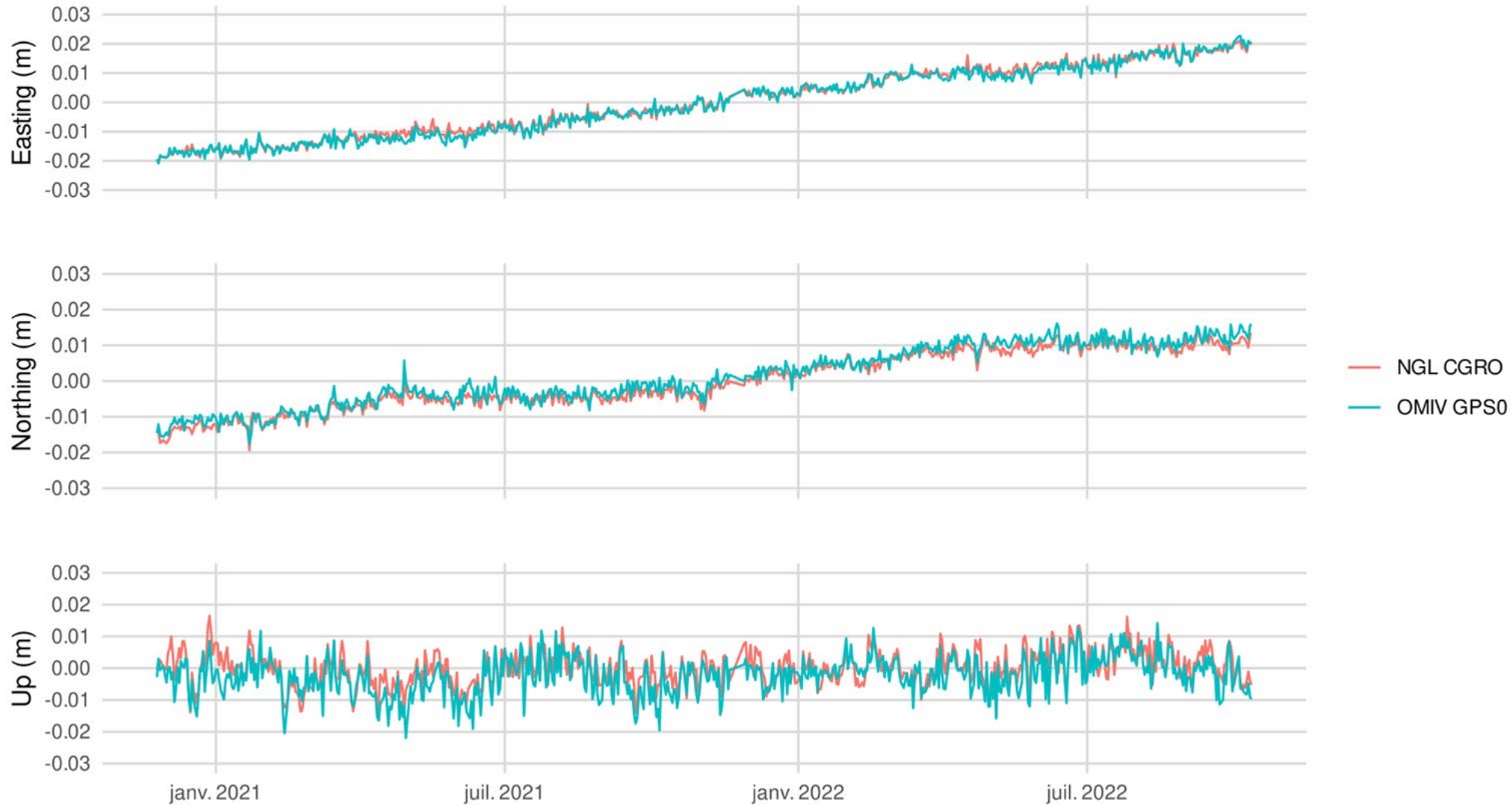
GPS0 vs CGRO - MGEX w/o AR



GPS0 vs CGRO - GPS w/o AR



GPS0 vs CGRO - GPS w/ AR



2 types de comparaisons :

- comparaison relative avec la solution PPP/NGL la plus proche du récepteur low-cost
- comparaison absolue entre les solutions GINS iPPP et GipsyX (mêmes Rinex)

NGL	OMIV	GPS AR			MGEX w/o AR	
		rmse [mm]	sd_Im_NGL [mm]	sd_Im_OMIV [mm]	sd_Im_OMIV [mm]	
CGRO	GPS0		1.1	1.7	1.9	5.0
	F9P		1.1	2.1	2.3	2.4
	TRM57971.00		3.9	5.3	5.8	6.1
EOST	EVST		2.8	1.4	2.8	5.2
	F9P		3.6	2.0	2.8	3.3
	AS-ANT2B-CAL		6.6	5.7	6.1	5.5
SOPH	TEST_ph1		1.5	1.5	1.8	4.4
	F9P		2.0	1.5	2.1	2.5
	TRM57971.00		9.2	5.3	8.7	7.2
SOPH	SEPT_ph1		1.1	1.5	1.5	4.2
	MX5		1.2	1.5	1.6	2.1
	TRM57971.00		5.9	5.2	5.6	5.9
SOPH	TEST_ph2		1.9	1.6	2.3	4.7
	F9P		2.0	1.7	2.1	3.2
	AS-ANT3B-CAL		7.4	5.6	8.5	6.7
SOPH	SEPT_ph2		1.0	1.6	1.4	4.7
	MX5		1.3	1.7	1.8	2.7
	AS-ANT3B-CAL		4.7	5.7	4.6	6.4

Les observations sont réduites à la moyenne des écarts avec la référence

L'indicateur « rmse » devient l'écart-type des écarts entre les solutions NGL et GipsyX

Hormis GPS0/CGRO, les stations de réf et obs ne sont pas co-localisées.

La solution GPS_AR est moins bonne en \bar{U}_p pour la station TEST (ph1 et ph2) → multitrajet ?

La station SEPT_ph2 présente la meilleure stabilité intrinsèque (sd_Im_OMIV)

La station GPS0 présente la meilleure cohérence avec la solution NGL, sans doute du fait que les deux solutions sont co-localisées

GINS IPPP vs OMIV GipsyX

Absolute comparison (IGS14)

Ref : GINS IPPP Obs: OMIV	mean [mm]	sd [mm]	rmse [mm]	sd_lm_ref [mm]	sd_lm_obs [mm]	slope_lm_ref [mm/yr]	slope_lm_obs [mm/yr]
GPS0	3.4	1.5	3.8	1.6	1.9	20.7	21
F9P	0.6	1.7	1.8	2	2.3	14.9	14.8
TRM57971.00	-72.6	4.4	72.8	5.4	5.8	2.2	3.3
EVST	2.3	1.6	2.8	2.5	2.8	8.4	9.9
F9P	5	2.1	5.4	2.1	2.9	-0.3	-9.3
AS-ANT2B-CAL	-10.4	5.4	11.7	4.7	6	26.1	36.2
TEST_ph1	6.2	2	6.5	1.5	1.9	26.5	21
F9P	5	2.3	5.5	1.7	2	21.1	23.9
TRM57971.00	-77.5	9	78.1	6	8.8	8.9	-1.7
SEPT_ph1	3	1.5	3.3	1.2	1.5	22.9	19.8
MX5	0.6	1.8	1.9	1.4	1.7	20.8	22.4
TRM57971.00	-76.1	4.9	76.3	5.1	5.7	6.5	7.6
TEST_ph2	1.6	2.8	3.2	2.1	2.3	17.5	22.3
F9P	5	2.3	5.5	1.8	2.1	11.6	15.6
AS-ANT3B-CAL	-14.2	9	16.8	6.5	8.4	-13.9	-4.9
SEPT_ph2	1.8	2	2.7	2	1.4	18.9	22.6
MX5	2.6	1.8	3.2	1.5	1.7	11.7	13.6
AS-ANT3B-CAL	0.1	4.5	4.5	5.1	4.5	-10.2	-12.2

Biais importants sur TRM57971.00, problème de calibration antenne ?

Meilleure cohérence obtenue sur GPS0

La solution SEPT_ph1 de GINS présente la meilleure qualité intrinsèque

Résultats : conclusions GipsyX

- Nette amélioration des solutions GipsyX avec la résolution des ambiguïtés, surtout en East
- MGEX peut être légèrement plus intéressant en milieu propice aux multi-trajets pour la composante Up
- La solution SEPT MX5 + TRM57971.00 montre la meilleure stabilité intrinsèque
- La solution UBX F9P + TRM57971.00 montre la meilleure cohérence relative entre toutes les solutions (note : milieu extrêmement ouvert, pas de multi-trajets)
- Les antennes AS-ANTxB-CAL montrent des précisions tout à fait remarquables comparées aux antennes géodésiques (très peu de perte de précision entre les périodes de mesures Phase 1 et Phase 2)

- Tester MGEX + AR : calcul en réseau pour produire un fichier .wlpb
- Autres tests selon discussion au sein du groupe

Solutions de traitement GINS : Jean-Paul BOY (EOST)

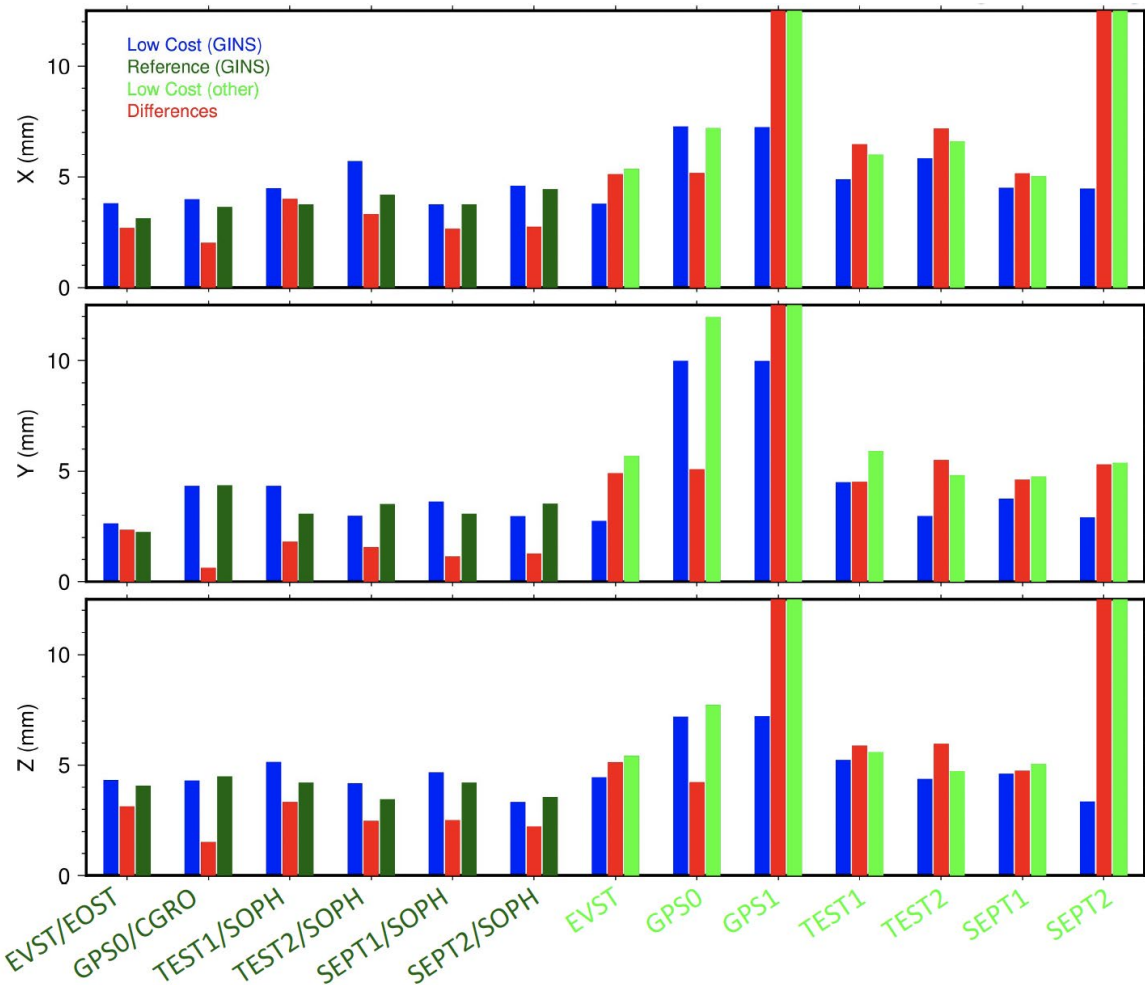
	receiver	antenna
EVST:	UBLOX ZED-F9P	AS-ANT2BCAL
GPS0:	UBLOX ZED-F9P	TRM57971.00 TZGD
TEST_1:	UBLOX ZED-F9P	TRM57971.00 NONE
TEST_2:	UBLOX ZED-F9P	AS-ANT3BCAL
SEPT_1:	SEPTENTRIO MX5	TRM57971.00 NONE
SEPT_2:	SEPTENTRIO MX5	AS-ANT3BCAL

GINs (v22_1), iPPP (GPS+Galileo, if possible), FES2014, VMF1 (tropo adjusted every 2 hours, and 2 gradients per day).

Comparison with RENAG nearby stations (EOST, CGRO, SOPH) and available other solutions: RMS & positions (XYZ).

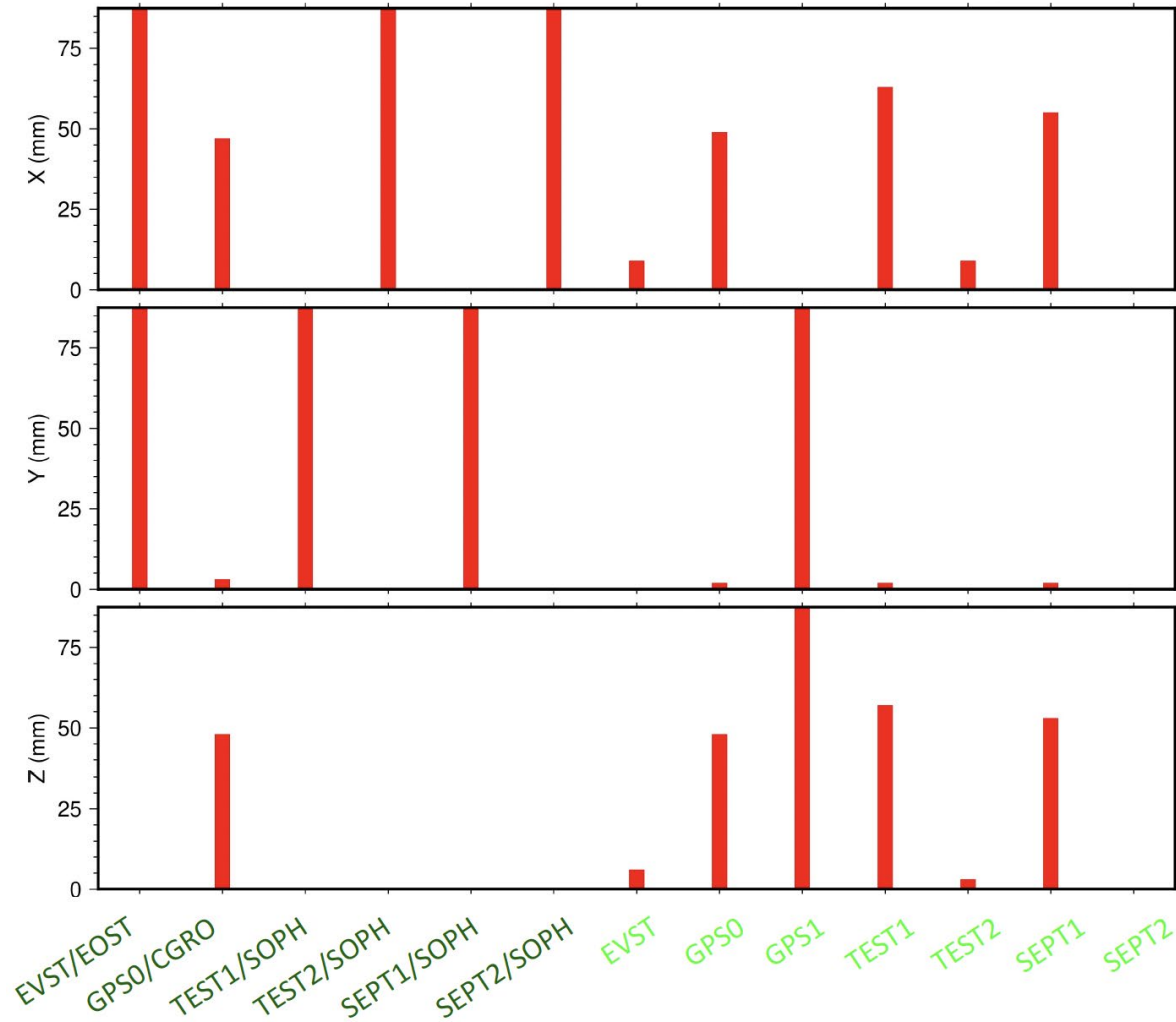
Solutions de traitement GINS : Jean-Paul BOY (EOST)

Différences entre solutions (RMS)



Solutions de traitement GINS : Jean-Paul BOY (EOST)

Différences entre positions (RMS)



Conclusions

GINS “only”

Low Cost stations have slightly higher noise level than the RENAG reference stations (> 1 mm).

RMS differences are about 2.5 mm.

GINS vs other solutions

GINS solution seems to be less noisy (< 1 mm).

RMS differences are about 5 mm.

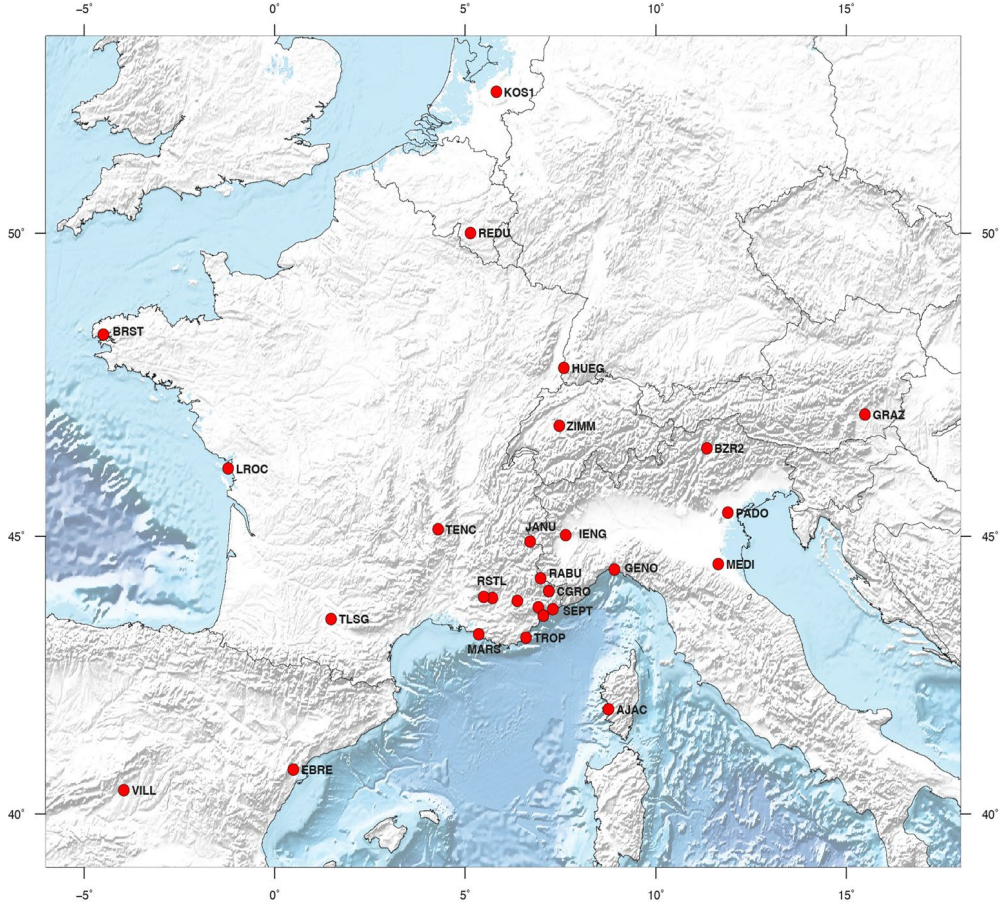
Position offsets of a few centimeters (?).

GNSS Low-Cost analysis with Gamit & Globk

**Paul
Jarrin**

Géoazur Laboratory

Gamit Processing



- Strategy for Geodynamics
 1. Daily free solutions: IGS final orbits
 1. Solution expressed wrt the cumulative IGS

POSITION TIME SERIES: GPS constellation

GNSS data – Phase 2 :

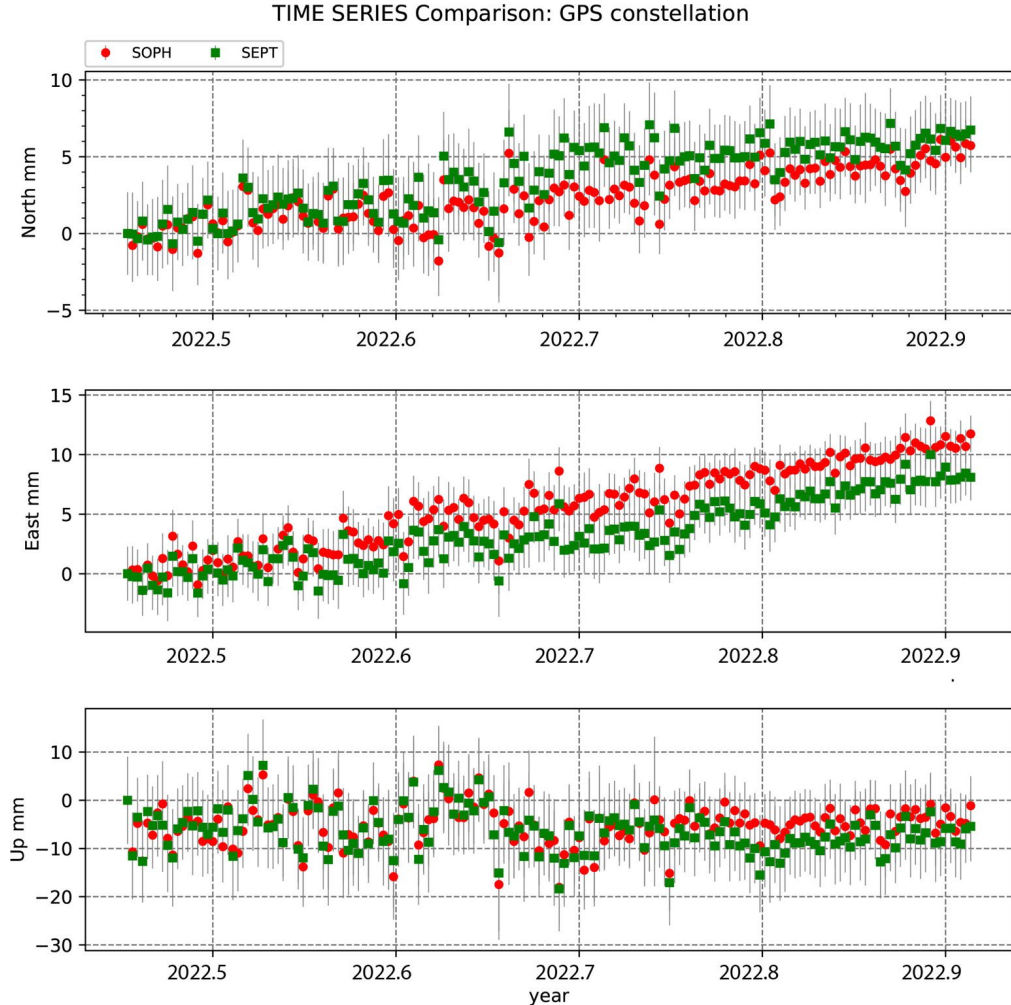
SOPH: Trimble NetR9 + Ashtech

SEPT: Septentrio + AS-ANT3BCAL (ArduSimple)

TEST: Ublox + AS-ANT3BCAL

Gamit: First test

- First step => Problems in the data allow to identify :
 - Missing/invalid observations
 - Receiver clock offset
- Rejected observations ~ 90% for Ublox



POSITION TIME SERIES: GPS constellation

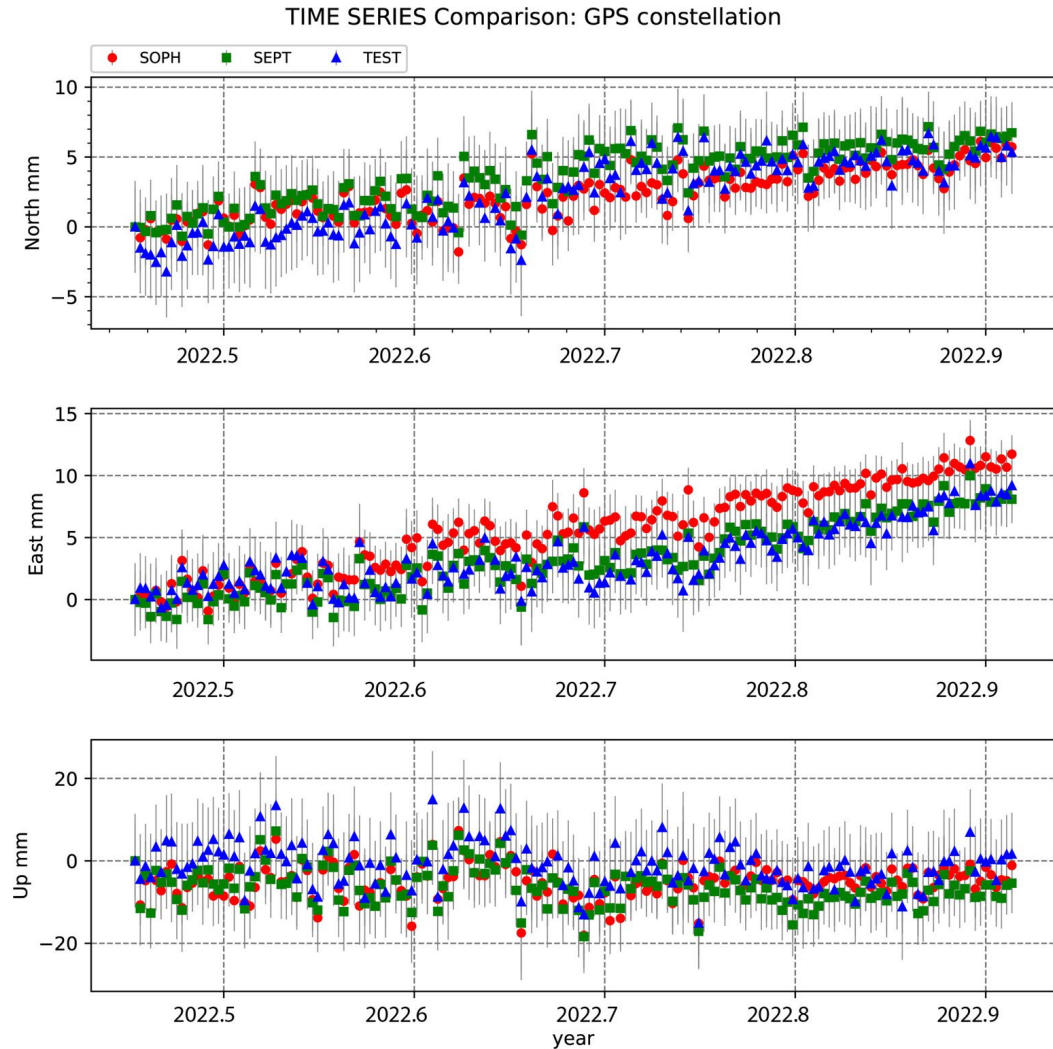
Gamit

=> Clock offsets range between 0.25 s and 1s

- We used Trimble Alloy Calibration to process Ublox
- Increase tolerance from offset clocks up to 1 s.

Repeatability
(mm):

Site.	wrms_n	wrms_e.	wrms_u
SOPH	3.4	1.8	4.1
SEPT	2.8	2.2	4.4
TEST	2.5	2.6	5.2



POSITION TIME SERIES

GLONASS constellation

GALILEO constellation

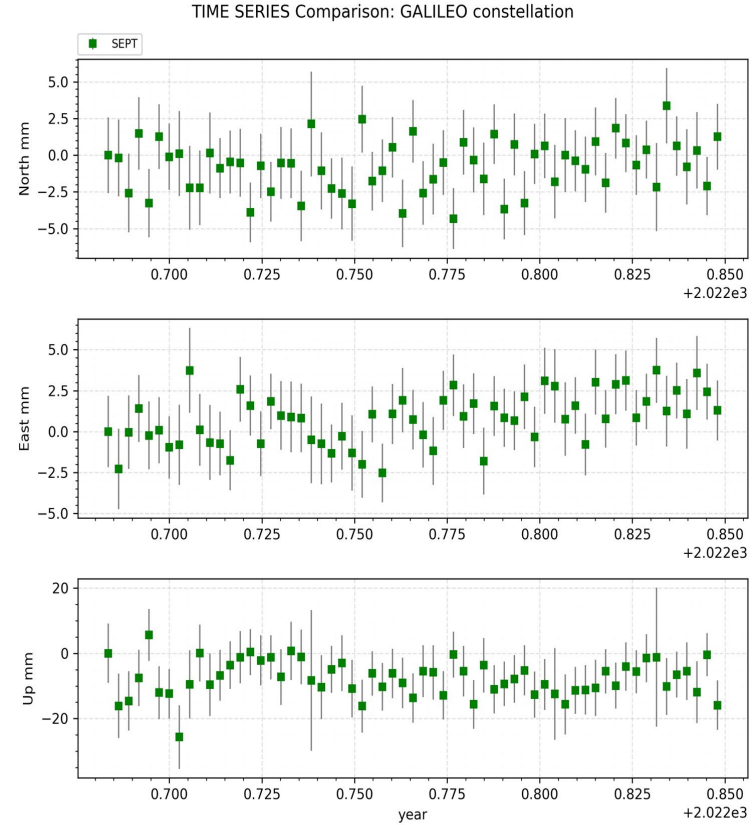
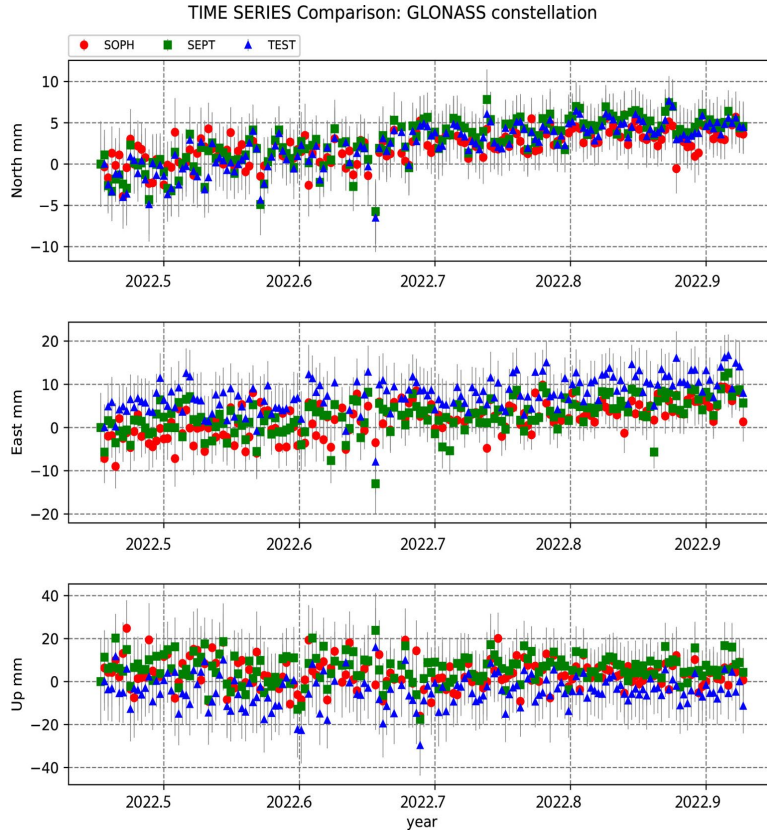
Repeatability
(mm):

Site	wrms_n	wrms_e	wrms_u
SOPH	3.9	2.7	6.6
SEPT	3.9	2.0	6.8
TEST	3.9	2.7	7.0

Galileo:

Site	wrms_n	wrms_e	wrms_u
SEPT.	1.6	1.7	5.5

Tracking problems at TEST site
for Galileo





Conclusions

- Processing with Gamit & Globk (GPS, GLONASS, GALILEO) is good for the SEPT site.
- The increase of offset clock tolerance allows to process UBLOX data for the GPS and GLONASS constellations

Perspectives: GNSS bas coût à OCA/Géoazur + RENAG/OMIV

- Centre de données RENAG:
 - Rinexage et archivage des données du réseau low-cost Centipède depuis 2022 – mise au point des en-têtes de fichier (collab. P. Bosser et J. Ancelin équipe Centipède) -> analyse scientifique complète pour une prochaine réunion (P. Bosser et al.)
 - Extension statistiques Anubis détaillées à RENAG et Centipède + graphes (skyplots)
 - Demandes temps IE et gratification de stage IUT informatique à l'OCA/Géoazur
- Dispositif bi-fréquence bas-coût:
 - Publication Vidal et al. matériel+logiciel et validation en cours de rédaction + notice de réalisation
 - 4 stations Septentrio en cours de test au Pérou (projet S5 JM Nocquet)
 - Extension en mer avec optimisation calcul à bord, transmission, énergie ... (postdoc Paul Jarrin, projet ITEC) – tests calculs TEC avec GINS
 - Tests en config. Temps réel (P. Sakic, GFZ)
- Bancs de test:
 - Site Sophia: comparaison Beidou à venir avec NICE + passage à une phase 3 (-MP, changement équipement)
 - Site Caire Gros: analyse long terme

Nouveaux développements:

Septentrio Go + alim, conception d'un driver (ingénieur EOST + Maurin)

Optimisation gestion de l'énergie (batteries adaptées, cible > 1 semaine, config. récepteur avec choix des signaux), mini panneau solaire ? -> pas optimal

+ prospectif: Optimisation transmission des données par IoT

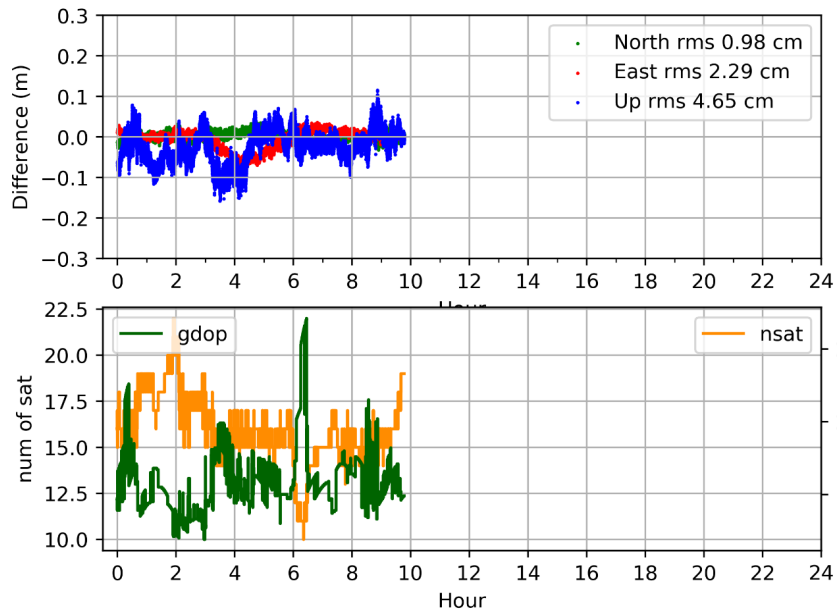
Traitements: GipsyX + GINS à creuser, GLONASS exclu, finalisation du benchmark

Groupe de travail ? Dossier partagé sur ftp RENAG

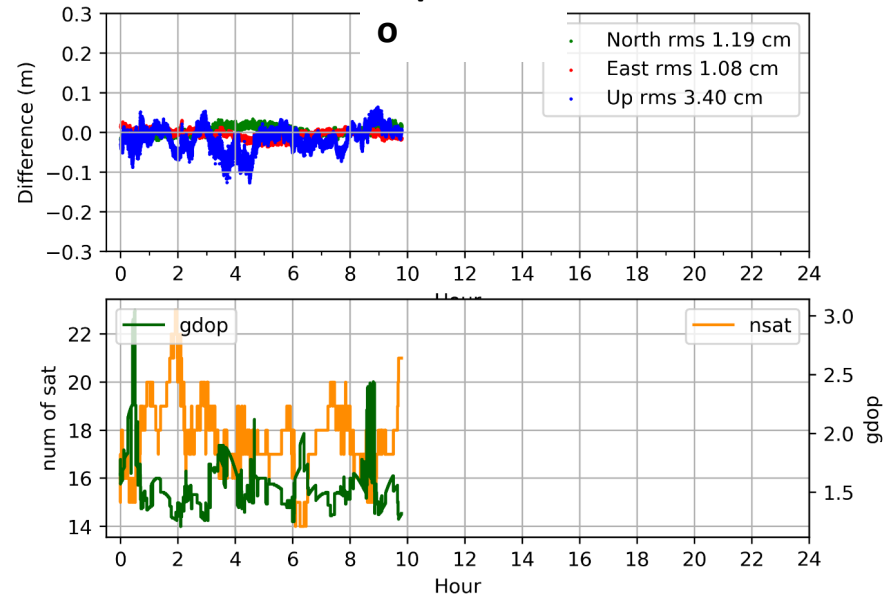
Compléments

Solution temps réel (EPOS-RT)

UBLOX



Septentri



*Processing and plots: Rui Jin,
GFZ*

EPOS-RT software, GFZ

Data streams publicly shared

Septentrio MOSAIC is our best candidate (~1000 € in total), more GNSS satellites tracked, less cycle-slips

Statistiques Anubis « détaillées » (low-

```
[lro]land@awa 280]$ grep # SEPT00FRA-2022-10-07.xtr
# G-Nut/Anubis Pro [3.1] compiled: Feb 18 2021 15:51:34 ($Rev: 3013 $)
#==== Summary statistics (v.9)
#TOTSUM First_Epoch_____ Last_Epoch_____ Hours_ Sample MinEle #_Expt #_Have %Ratio o/slps woElev Exp>10 Hav>10 %Rt>10
#GNSSUM 2022-10-07 00:00:00 Epoch_Statistics_ Excl_Epochs&Satellites_ CycleSlips/Interruptions_And_Other_Discontinuities Code_Multipath_Mean_Statistics_Over_All_Signals
#GNSSUM 2022-10-07 00:00:00 ExpEp HavEp UseEp xCoEp xPhEp xCoSv xPhSv csAll csEpo csSat csSig nSlp nJmp nGap nPcs mp1 mp2 mp3 mp4 mp5 mp6 mp7 mp8
#GNSSxx 2022-10-07 00:00:00 nSat ExpObs HavObs %Ratio Exp>10 Hav>10 %Rt>10 wo/Ele Ele>0 Ele>5 Ele>10 Ele>15 Ele>20 Ele>30 Ele>50 Ele>70
#SKYxxx Ascending_Horizon_____ Descending_Horizon_Time[h] ExptObs
#==== Header information (v.9)
#RNXHDR 2022-10-07 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _RINEX_HEADER_____ _RINEX_HEADER_____
#RNXHDR 2022-10-07 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _USER_REQUEST_____
#RNXHDR 2022-10-07 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _USER_REQUEST_____
#==== Estimated values (v.9)
#POSGNS 2022-10-07 00:00:00 X [m] Y [m] Z [m] B [deg] L [deg] H [m] GDOP PDOP HDOP VDOP REC_CLK[m] #Sat #Excl
#==== Observation types (v.9)
#==== Band available (v.9)
#GNSxEP 2022-10-07 00:00:00 FewBand x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#NxBAND 2022-10-07 00:00:00 nSatell x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#GNSBND 2022-10-07 00:00:00 C<2 L<2 nSv SvList
#==== Gaps & Pieces (v.9)
#GAPLST 2022-10-07 begTime endTime >600s
#PCSLST 2022-10-07 begTime endTime <1800s
#SMPLST 2022-10-07 00:00:00 sampling count
#==== Preprocessing results (v.9)
#GNSPRP 2022-10-07 00:00:00 CS_Total CS_Slip CS_Epoch CS_Satell CS_Signal
#GNSSxx 2022-10-07 00:00:00 CS_Total CS_Slip CS_Epoch CS_Satell CS_Signal
#CLKJMP 2022-10-07 00:00:00 Phase[ms]
#GNSSLP 2022-10-07 00:00:00 PRN L1C L1P L1W L2C L2I L2L L2P L2W L3Q L5P L5Q L7I L7Q
#==== Elevation & Azimuth (v.9)
#GNSELE 2022-10-07 00:00:00 Mean x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#GNSAZI 2022-10-07 00:00:00 Mean x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#==== Code multipath (v.9)
#GNSMxx 2022-10-07 00:00:00 mean x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#==== Signal to noise ratio (v.9)
#GNSSxx 2022-10-07 00:00:00 mean x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
#==== Satellite information (v.1)
#GNSIxx 2022-10-07 00:00:00 x01 x02 x03 x04 x05 x06 x07 x08 x09 x10 x11 x12 x13 x14 x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23 x24 x25 x26 x27 x28 x29 x30 x31 x32 x33 x34 x35 x36
```

Statistiques Anubis « résumées » (RENAG)

```
# G-Nut/Anubis [2.3] compiled: Mar 11 2020 08:27:40 ($Rev: 2843 $)
#==== Summary statistics (v.3)
#TOTSUM First_Epoch_____ Last_Epoch_____ Hours_ Sample MinEle #_Expt #_Have %Ratio o/slps woElev Exp>10 Hav>10 %Rt>10
#GNSSUM 2023-01-19 00:00:00 Epoch_Statistics_ Excl_Epochs&Satellites_ CycleSlips/Interruptions_And_Other_Discontinuities Code_Multipath_Mean_Statistics_Over_All_Signals
#GNSSUM 2023-01-19 00:00:00 ExpEp HavEp UseEp xCoEp xPhEp xCoSv xPhSv csAll csEpo csSat csSig nSlp nJmp nGap nPcs mp1 mp2 mp3 mp4 mp5 mp6 mp7 mp8
#GNSSxxx 2023-01-19 00:00:00 nSat ExpObs HavObs %Ratio Exp>10 Hav>10 %Rt>10 wo/Ele Ele>0 Ele>5 Ele>10 Ele>15 Ele>20 Ele>30 Ele>50 Ele>70
#==== Header information (v.1)
#RNXHDR 2023-01-19 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _RINEX_HEADER_____ _RINEX_HEADER_____
#RNXHDR 2023-01-19 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _USER_REQUEST_____
#RNXHDR 2023-01-19 00:00:00 _RINEX_HEADER_____ _USER_REQUEST_____
#==== Estimated values (v.1)
#==== Observation types (v.1)
```


Low-Cost Septentrio MOSAIC

5

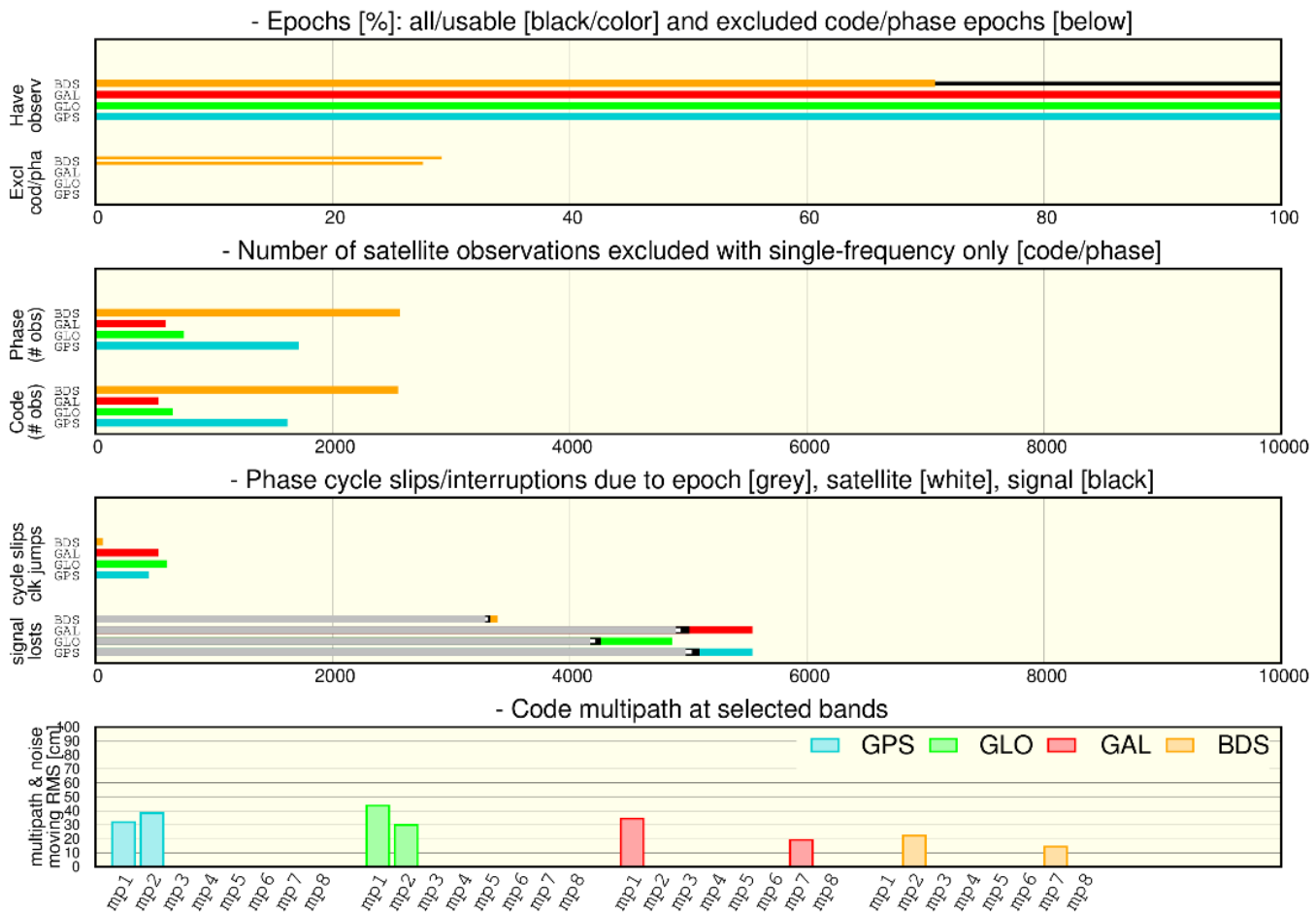
```
#===== Observation types (v.9)
#GNSSYS 2023-01-19 00:00:00      4 GPS GAL GLO BDS

#GPSAT 2023-01-19 00:00:00     31 G01 G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25 G26 G27 - G29 G30 G31 G32 - - - -
#GALSAT 2023-01-19 00:00:00     23 E01 E02 E03 E04 E05 - E07 E08 E09 E10 E11 E12 E13 - E15 - - - E19 - E21 - - E24 E25 E26 E27 - - E30 E31 - E33 E34 - -
#GLOSAT 2023-01-19 00:00:00     24 R01 R02 R03 R04 R05 R06 R07 R08 R09 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24 - - - - - - - - - -
#BDSSAT 2023-01-19 00:00:00     16 - - - - - - - - - - - - - - - - - C19 C20 C21 C22 - C24 C25 C26 C27 C28 C29 C30 - C32 C33 C34 C35 C36

#BDSHDR 2023-01-19 00:00:00     16 C1P C2I C5P C7I D1P D2I D5P D7I L1P L2I L5P L7I S1P S2I S5P S7I
#GALHDR 2023-01-19 00:00:00     12 C1C C5Q C7Q D1C D5Q D7Q L1C L5Q L7Q S1C S5Q S7Q
#GPSHDR 2023-01-19 00:00:00     20 C1C C1W C2L C2W C5Q D1C D1W D2L D2W D5Q L1C L1W L2L L2W L5Q S1C S1W S2L S2W S5Q
#GLOHDR 2023-01-19 00:00:00     16 C1C C2C C2P C3Q D1C D2C D2P D3Q L1C L2C L2P L3Q S1C S2C S2P S3Q
#SBSHDR 2023-01-19 00:00:00      8 C1C C5I D1C D5I L1C L5I S1C S5I
#GPSOBS 2023-01-19 00:00:00     20 C1C C1W C2L C2W C5Q L1C L1W L2L L2W L5Q D1C D1W D2L D2W D5Q S1C S1W S2L S2W S5Q
#GALOBS 2023-01-19 00:00:00     12 C1C C5Q C7Q L1C L5Q L7Q D1C D5Q D7Q S1C S5Q S7Q
#GLOOBS 2023-01-19 00:00:00     16 C1C C2C C2P C3Q L1C L2C L2P L3Q D1C D2C D2P D3Q S1C S2C S2P S3Q
#BDSOBS 2023-01-19 00:00:00     16 C1P C2I C5P C7I L1P L2I L5P L7I D1P D2I D5P D7I S1P S2I S5P S7I
```

```
#===== Preprocessing results (v.9)
#GNSPRP 2023-01-19 00:00:00      CS_Total      CS_Slip      CS_Epoch      CS_Satell      CS_Signal
#GPSPRP 2023-01-19 00:00:00          284          37           0           92          155
#GALPRP 2023-01-19 00:00:00          123           0           0           71           52
#GLOPRP 2023-01-19 00:00:00          622         396           0           59          167
#BDSPRP 2023-01-19 00:00:00          162          82           0           56           24

#GNSxxx 2023-01-19 00:00:00      CS_Total      CS_Slip      CS_Epoch      CS_Satell      CS_Signal
#GPSL1C 2023-01-19 00:00:00           67           10           0           28           29
#GPSL1W 2023-01-19 00:00:00           67           10           0           13           44
#GPSL2L 2023-01-19 00:00:00           52            4           0           16           32
#GPSL2W 2023-01-19 00:00:00           69           12           0           10           47
#GPSL5Q 2023-01-19 00:00:00           29            1           0           25            3
#GALL1C 2023-01-19 00:00:00           40            0           0            8           32
#GALL5Q 2023-01-19 00:00:00           44            0           0           34           10
#GALL7Q 2023-01-19 00:00:00           39            0           0           29           10
#GLOL1C 2023-01-19 00:00:00          221          143           0           32           46
#GLOL2C 2023-01-19 00:00:00          202          136           0           20           46
#GLOL2P 2023-01-19 00:00:00          177          117           0            6           54
#GLOL3Q 2023-01-19 00:00:00           22            0           0            1           21
#BDSL1P 2023-01-19 00:00:00           18            0           0            8           10
#BDSL2I 2023-01-19 00:00:00           73           41           0           22           10
#BDSL5P 2023-01-19 00:00:00           18            0           0           14            4
#BDSL7I 2023-01-19 00:00:00           53           41           0           12            0
```

Courtesy: A. Ghanas