

# Calculs GNSS au SGM

Unité Réseaux et Services en Géodésie Spatiale

# Plan de la présentation

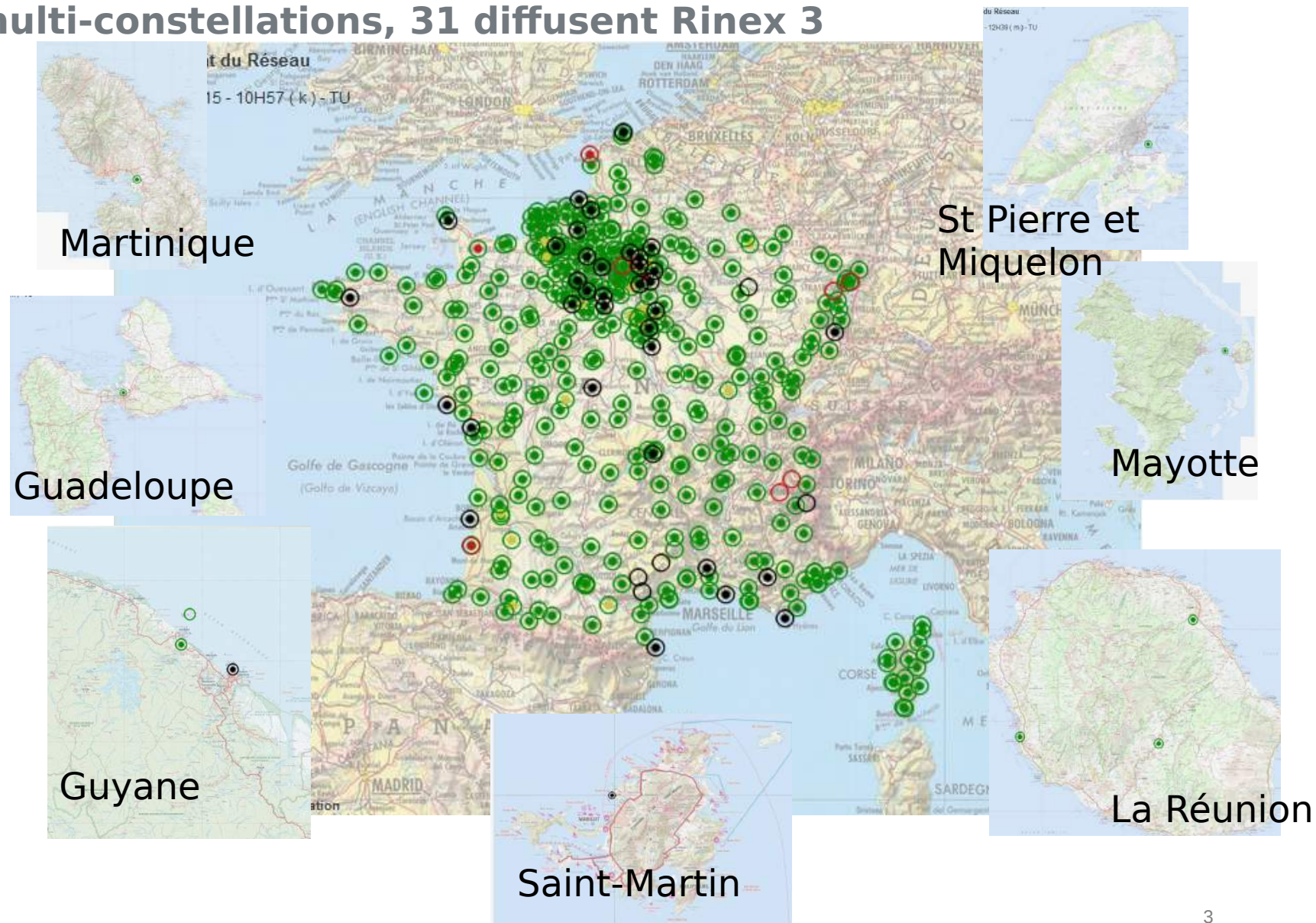
---

- Réseaux GNSS
- Logiciel BERN 5.2
- Calculs routiniers
  - Horaires
  - Journaliers
  - Combinaisons hebdomadaires
- Reprocessings et séries temporelles
- Services de calcul en ligne
  - doubles-différences (BERN)
  - PPP

# 1. Réseaux GNSS : LE RGP

513 stations dont 25 stations IGN

96 multi-constellations, 31 diffusent Rinex 3

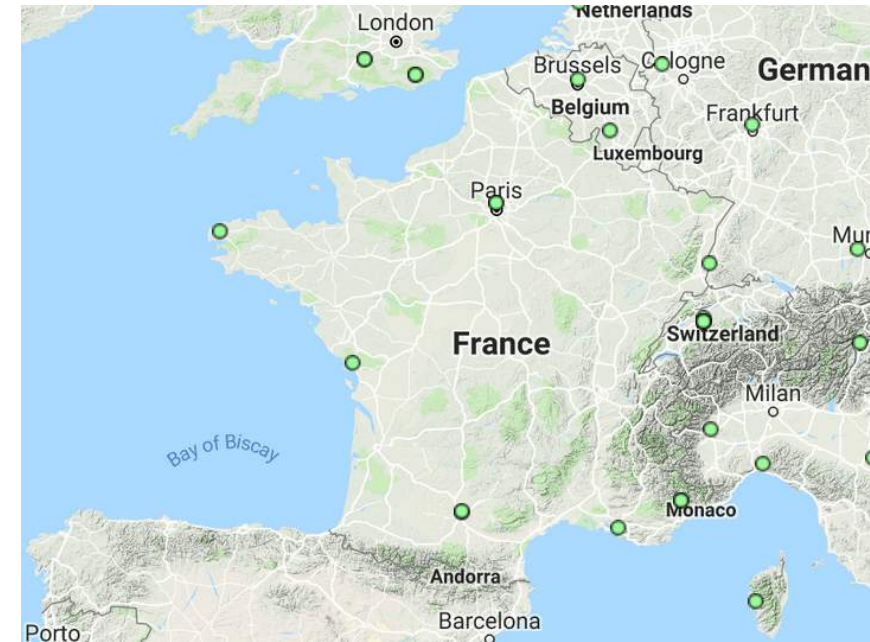
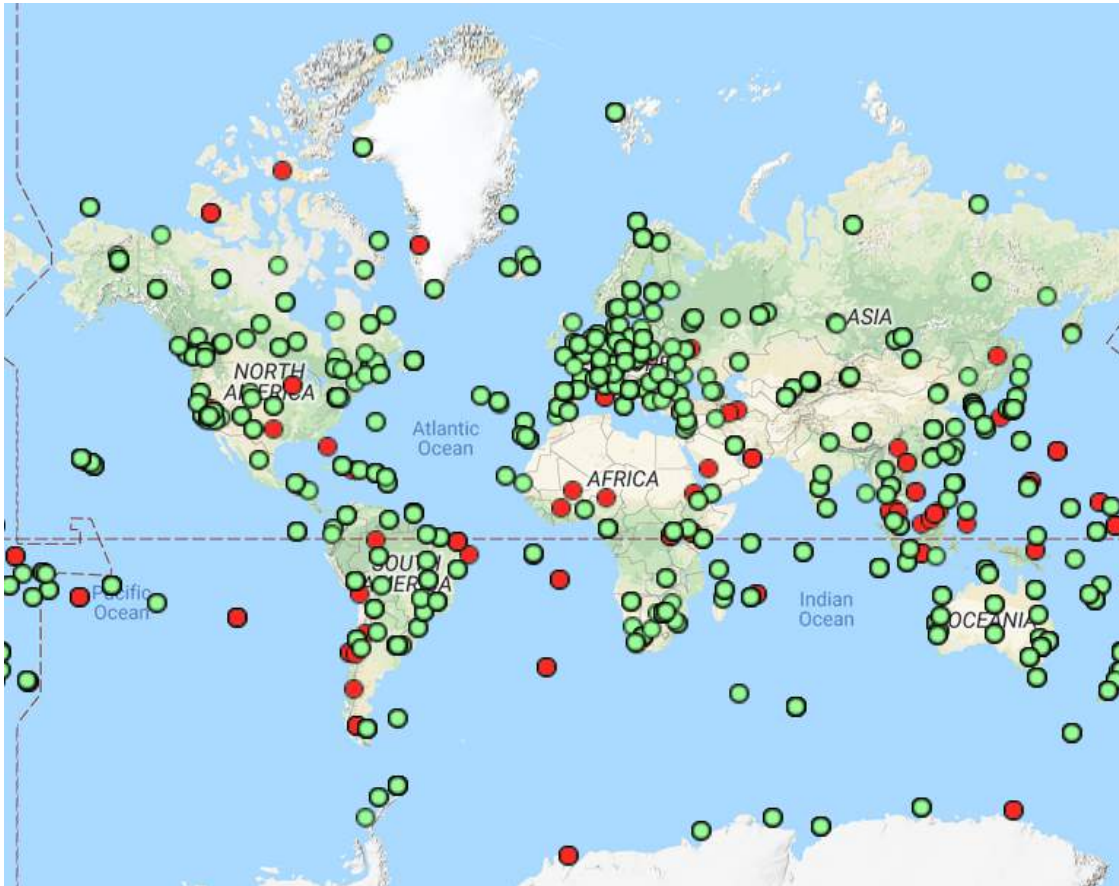


# 1. Réseaux GNSS : LE RGP

- Définir les coordonnées des stations dans la référence nationale
- Produits troposphériques et ionosphériques
- Différents types de produits de coordonnées
  - Pour les partenaires et utilisateurs français (RGF93)
  - Pour les instances internationales (IGS, EPN) (IGS, ETRF00)
  - Entretien des coordonnées des stations (réalisation du RGF93)
- Contrôle Qualité :
  - Des données
  - Des coordonnées

# 1. Réseaux GNSS : IGS

Réseau mondial IGS « International GNSS Service » ~ 800 stations



Activités internationales de l'unité RSGS :

- centre de données mondial (IGS, SONEL, REGINA)
- calculs européen et mondial (800 stations dont 500 IGS)
- centre de combinaison IGS des solutions des 8 centres de calcul
- contribution à la maintenance de l'ITRS

# 2. Logiciel BERNESE

- Développé à l'Université de Berne et utilisé « historiquement » à l'IGN/SGM
- Version 5.2 (depuis 2015) : GPS, GLONASS, Galileo (« available but not recommended for operational uses »)
- Doubles-différences avec diverses stratégies de résolution des ambiguïtés sur courte/longue ligne de base
- Module PPP (pas fixation amb. entières)
- Combinaison et création d'équations normales
- Modules troposphère, calcul d'orbites, horloges et erp , traitement SLR
- Fortran + panneaux d'option (PAN) + surcouche perl (BPE).  
Enchaînement scripts perl dans un PCF
- Enveloppe SGM pour automatisation + parallélisation
- Calculs routiniers =  
PCF + répertoires d'options + fichiers XML de paramètres

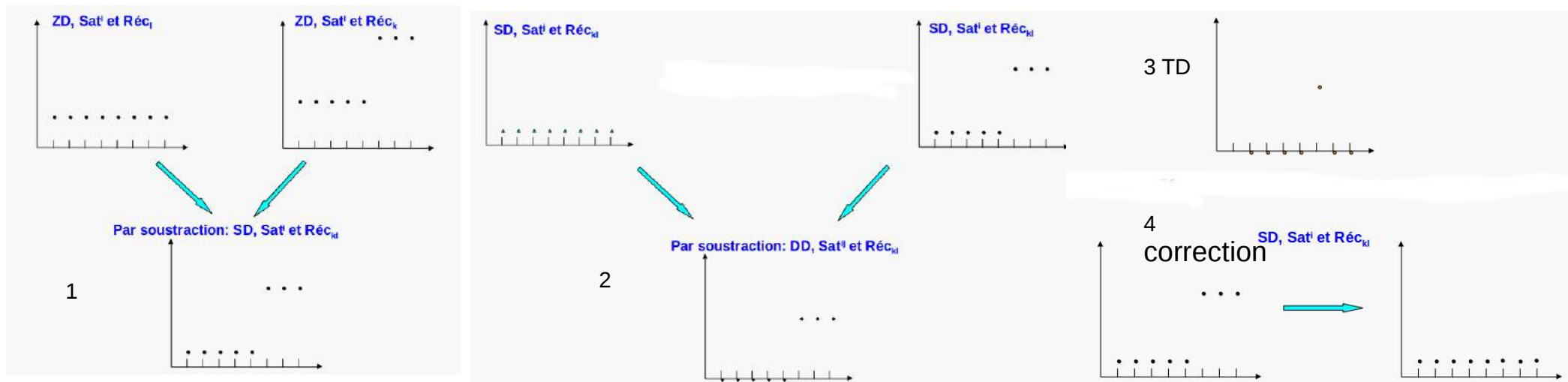
Scripts perl d'un PCF =  
Scripts SGM (automatisation, routines)  
ou enveloppes perl de scripts Bernese

Appelle FTP\_GEN.pl

```
PID SCRIPT OPT_DIR CAMPAIGN CPU F WAIT FOR...
3** 8***** 8***** 8***** 8***** 1 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3**
# Parameter management (sessions, stations, clusters...)
002 SETSTA NO_OPT LOCAL 1
003 CLEANCMP NO_OPT LOCAL 1 002
# FTP data download
004 FTPOZAP NO_OPT LOCAL4 1 003
005 FTPOZ_P NO_OPT LOCAL4 1 004
# Orbits management
006 FTP_GEN DCAL LOCAL 1 025
007 FTP_ORB RGPH_GEN LOCAL 1 006
.
.
PID USER PASSWORD PARAM1 PARAM2
3** 12***** 8***** 8***** 8*****
004 $004
005 PARALLEL $004
024 $024
VARIABLE DESCRIPTION DEFAULT
8***** 40***** 30*****
V_FSTA Station file RGP2
V_FABB Abbreviation table RGP2
V_FBLQ BLQ ocean loading file RGP
V_FPHS Phase center offsets PHAS_SGN.I08
```

## 2. Logiciel BERNESE

- **Preprocessing :**
  - récupération des observations Rinex v2 (bientôt v3) 30 s - parallélisée
  - récupération orbites sp3, ERP (si besoin horloges clk)
  - m à j fichiers généraux (RECEIVER, PCO/PCV absolus I08 ou I14, POLE, marées océaniques et terrestres, marées atmosphériques...)
- **1<sup>er</sup> nettoyage Single Point Position**
  - Coord approchées + décalage d'horloge récepteur estimés à partir du code
- **2eme nettoyage Sauts de Cycle**
  - Exclusion des obs monofréquences, obs trop basses ( $<3^\circ$ ) ou trop courtes ( $<5'$  avec moins de 1' absence)
  - Modélisation des doubles-différences « Observations – A priori » sur L3 par des polynômes sur une courte durée donnée (2') puis détection sauts de cycle sur triples-différences  $> 0,5m$ .
  - Essai de correction des sauts cycle  $> 10 * \text{longueur d'onde}$  → obs supprimées ou corrigées



# 2. Logiciel BERNESE

- Stratégie de formation des lignes de base :  
OBSMAX : lignes de base avec le max d'observations communes

SHORTEST : minimisation de la somme des longueurs des lignes de base, utilisé RGP (avantage : tjrs les mêmes pour une constellation donnée)

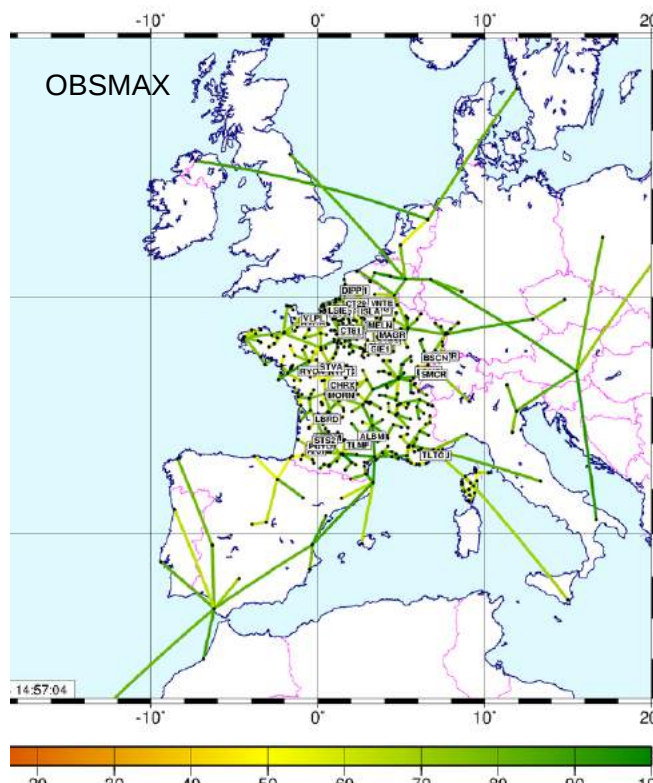
STAR : d'un point défini (ou barycentre) → calcul GNSS classique en DD mais pas utile pour gros réseaux

DEFINED : liste (mixage possible avec autres stratégies)

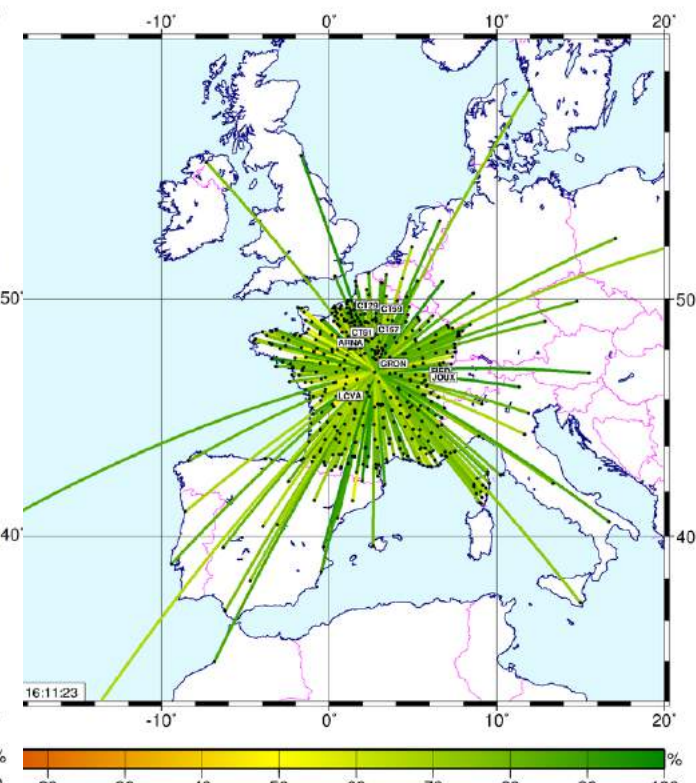
Ratio resolution ambiguïtés GPS 2019-065-0



QIF ratio 2019-077-N



QIF ratio 2019-077-O





# 2. Logiciel BERNESE

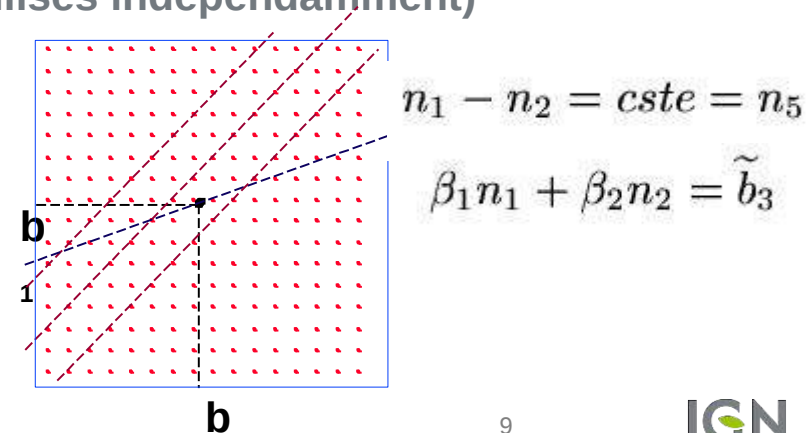
- GPSEST : estimation des paramètres avec orbites et ERP fixés  
Calculs RSGS :
  - calculs IGS avec calibrations absolues (IGS14 ou 08)
  - Séparation en clusters avec au moins 1 station commune (cf suite)
  - 3 ou 4 GPSEST successifs, chacun affinant l'estimation
  - ZHD et ZWD a priori : GMF, fonction de projection : VMF
- 1 er GPSEST : DD sur L3 → estimation d'un premier jeu de ZTD (1/heure) à coordonnées fixées (IGS propagé époque).  
Pas d'estimation des ambiguïtés.
- 2 eme GPSEST : estimation des ambiguïtés à des valeurs réelles pour chaque ligne de base individuellement, pour L1, L2, L3, puis fixation à des valeurs entières  $n_1$  et  $n_2$  par l'algorithme QIF en cherchant itérativement le meilleur couple  $n_1, n_2$  qui minimise la différence entre valeur réelle et entière de l'amb. pour L3 (qui est fonction de  $n_1$  et  $n_2$ ), qui vérifie  $n_1 - n_2 = cste$

## ZTD issus du 1<sup>er</sup> GPSEST

**Δiono estimé puis introduit nécessairement (car L1 et L2 utilisés indépendamment)**

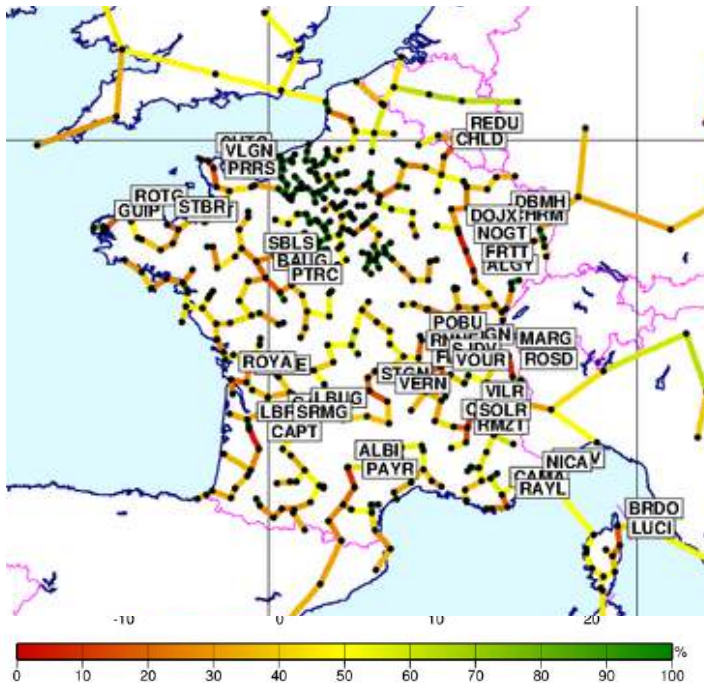
AMBI FILE SAT. EPOCH FRQ WLF CLU AMBI CLU AMBIGUITY RMS

1	1	1	1	1	1	1	-	-	0	35731.	0.00000
2	1	1	2662	1	1	2	-	-	3	35772.	0.00000
3	1	3	1	1	1	3	-	-	0	100449.	0.00000
4	1	3	2819	1	1	4	-	-	2.97	21.93	100487.97
5	1	8	1	1	1	5	-	-	5	18256.	0.00000
6	1	8	200	1	1	6	-	-	-0.07	22.03	18252.93
7	1	8	2395	1	1	7	-	-	-8	18260.	0.00000



## 2. Logiciel BERNESE

- 3 eme GPSEST (option) : ambigüités fixées par QIF, nouvelle estimation avec l'algorithme SIGMA pour les lignes de base < 20km et GLONASS, indépendamment pour L1 et L2.
- GPSEST final : DD sur L3. Ambigüités fixées à des valeurs entières ou réelles  
Estimation simultanée :
  - d'un jeu de coordonnées par station sur la période (fortement contraintes par la 1 ere station du cluster)
  - d'un ZWD par heure (15' pour calculs horaires) et un gradient (E/O et N/S) toutes les 6h
  - Sauvegarde des équations normales
- Indicateurs de qualité :
  - % d'ambigüités fixées / ligne de base



### - RMS sur X, Y, Z et ZWD

REQU. STATION NAME	CORRECTIONS (M)			RMS ERRORS (M)		
	NORTH	EAST	ZENITH	NORTH	EAST	ZENITH
1 AILT 19806M001	0.00386	-0.00226	-0.00000	0.00149	0.00216	4.92660
2 AILT 19806M001	0.00366	-0.00223	-0.00000	0.00141	0.00206	4.30601
3 AILT 19806M001	0.00345	-0.00220	-0.00000	0.00134	0.00195	4.20782
4 AILT 19806M001	0.00325	-0.00217	-0.00001	0.00127	0.00185	4.19330

- - facteur unitaire variance
- test du khi-2

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT : 0.0013 M  
 DEGREE OF FREEDOM (DOF) : 527156  
 CHI\*\*2/DOF : 1.57

## 2. Logiciel BERNESE

- **ADDNEQ2** : combinaison des équations normales des sous-réseaux (ayant au moins 1 station en commun) issues du GPSEST final  
optionnelle en cas de réseau petit (Réunion, Antilles)

époque de référence = date courante

pas de contraintes entre la solution combinée et les sous-réseaux . C'est la première station de la liste qui fixe le réseau ( $\sigma=0,1\text{mm}$ )

création équation normale combinée et Sinex final

- **Formation des sous-réseaux (MKCLUS)** : répartition régionale, choix de plusieurs critères (GEOMETRY = minimisation de la somme des distances, NUM-OBS = maximum d'obs communes → utilisé)

- **Contrôle :**

- écarts des solutions individuelles à la solution combinée

Sol	Station name	Typ	Correction	Estimated value	RMS error	A priori value
1	ADAR 19161M001	X	0.00008	3852249.27148	0.00012	3852249.27140
1	ADAR 19161M001	Y	0.00005	-319510.49545	0.00011	-319510.49550
1	ADAR 19161M001	Z	-0.00005	5056510.68005	0.00012	5056510.68010
1	AGDE 19976M001	X	-0.00083	4640976.12947	0.00160	4640976.13030
1	AGDE 19976M001	Y	0.00210	281124.96040	0.00060	281124.95830
1	AGDE 19976M001	Z	-0.00099	4351569.97181	0.00168	4351569.97280
1	AGEN 19722M001	X	0.00846	4581960.12046	0.00229	4581960.11200
1	AGEN 19722M001	Y	-0.00032	48907.76328	0.00065	48907.76360
1	AGEN 19722M001	Z	0.00711	4421940.01741	0.00240	4421940.01030
1	AICI 19923M001	X	0.01905	4645961.26735	0.00233	4645961.24830
1	AICI 19923M001	Y	0.00098	-82263.95242	0.00066	-82263.95340
1	AICI 19923M001	Z	0.01990	4354613.74890	0.00247	4354613.72900

-facteur unitaire de variance

- khi-2

A posteriori RMS of unit weight      0.00115 m  
Chi\*\*2/DOF      1.33

- résidus sur la station contrainte  
< 0.3 mm

## 2. Logiciel BERNESE

- Mise en référence par transformation de Helmert :
- Solutions libres issues de la combinaison finale, contraintes sur la première station de la liste
  - IGS époque
  - ETRF00 ep 2009
  - système de référence local : RGF93, RGR95, RGM04 (3p)
  - pas de Helmert pour RGFG95, RGAF09 (en attendant densification du réseau) : coordonnées locales calculées via transformation depuis IGS

Mise en référence sur un réseau de stations bien réparties, stables, aux coordonnées et vitesses bien déterminées (pas modèle, > 2 ans de données)

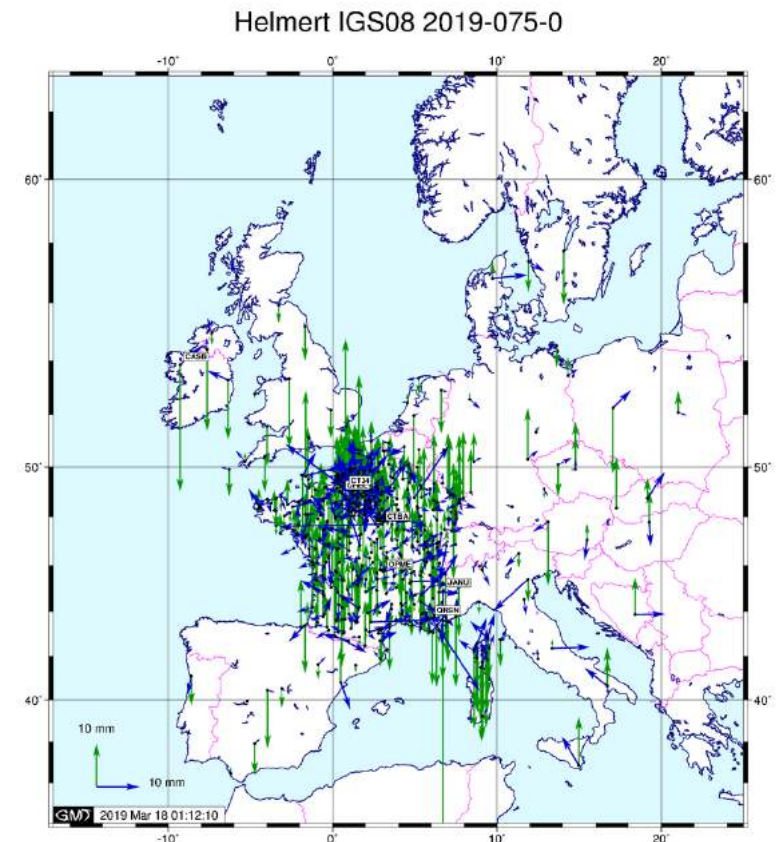
### Contrôle des résidus et du rms des résidus en E, N, Up

192	BRIV 18305M001	N A	0.28	0.31	3.11   M
192	LEZI 18306M001	N A	1.54	-0.14	4.75   M
192	ILDG 18307M001	N A	-1.57	-2.70	-26.30   M
192	BEUG 18308M001	N A	-1.35	-0.02	-2.66   M
192	SDDP 18309M001	N A	0.22	-4.16	-11.97   M

	RMS / COMPONENT		2.43	2.20	7.04
	MEAN		-0.00	0.02	0.00
	MIN		-5.95	-7.29	-19.90
	MAX		13.27	8.03	17.58

NUMBER OF PARAMETERS : 7  
NUMBER OF COORDINATES : 477

TRANSLATION IN X : 48.75 +- 7.06 MM  
 TRANSLATION IN Y : 32.41 +- 8.19 MM  
 TRANSLATION IN Z : -95.40 +- 6.89 MM  
 ROTATION AROUND X-AXIS: - 0 0 0.002198 +- 0.000228 "  
 ROTATION AROUND Y-AXIS: - 0 0 0.014767 +- 0.000263 "  
 ROTATION AROUND Z-AXIS: 0 0 0.023158 +- 0.000228 "  
 SCALE FACTOR : 0.00246 +- 0.00088 MM/KM

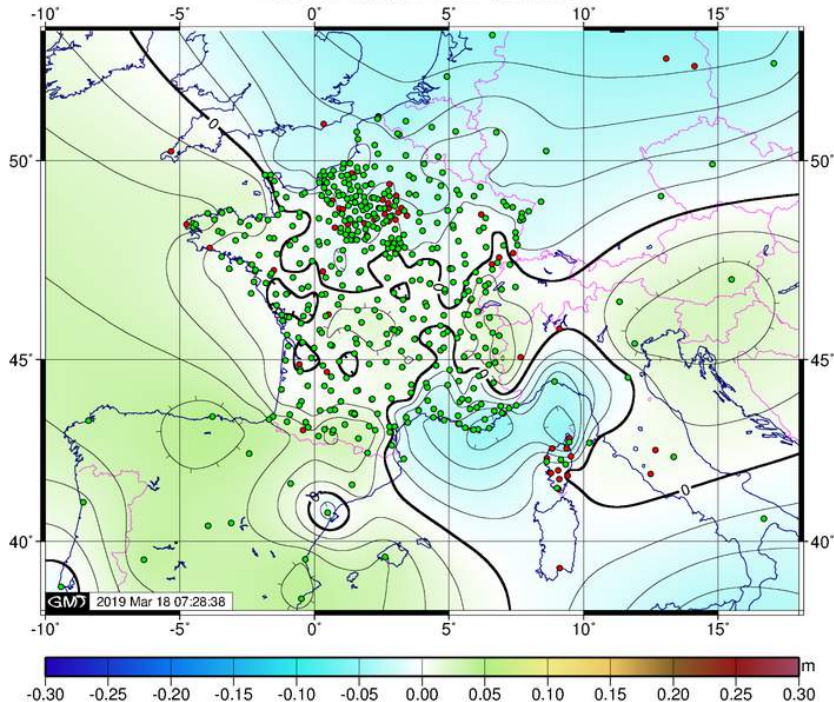


## 2. Calculs horaires

### Objectifs :

- Contrôle qualité horaire (présence des obs, QC)
- Stabilité court-terme (déplacements imprévisibles)
- Assimilation opérationnelle des ZTD et gradients dans les modèles météo (envoi fichiers COST à E-GVAP) → contrainte de temps de calcul forte (si possible < 1h)
- 6 heures glissantes sur Rinex horaires / 30s
- GPS seul pour limiter le temps de calcul
- Orbites / horloges / erp sgu (IGN)
- Estimation d'un jeu de coordonnées, d'un ZWD / 15 minutes , d'un couple de gradients tropo
- 2 jeux de ZTD transmises (un à coord fixées l'autre issu d'un GPSEST classique)

ZTD 18-MAR-2019 06:00:00



- Rapport de calcul (dont résidus et QC) en ligne + XML

%obs%obsprécédent

AJAC -	0%	-	-	-	-	-
PICO -	60%	-	-	-	-	-
BRDO x	100%	85%	31.1695m	4	1	x

- alerte si résidus > 25 mm (plani) ou 50 mm (alti)

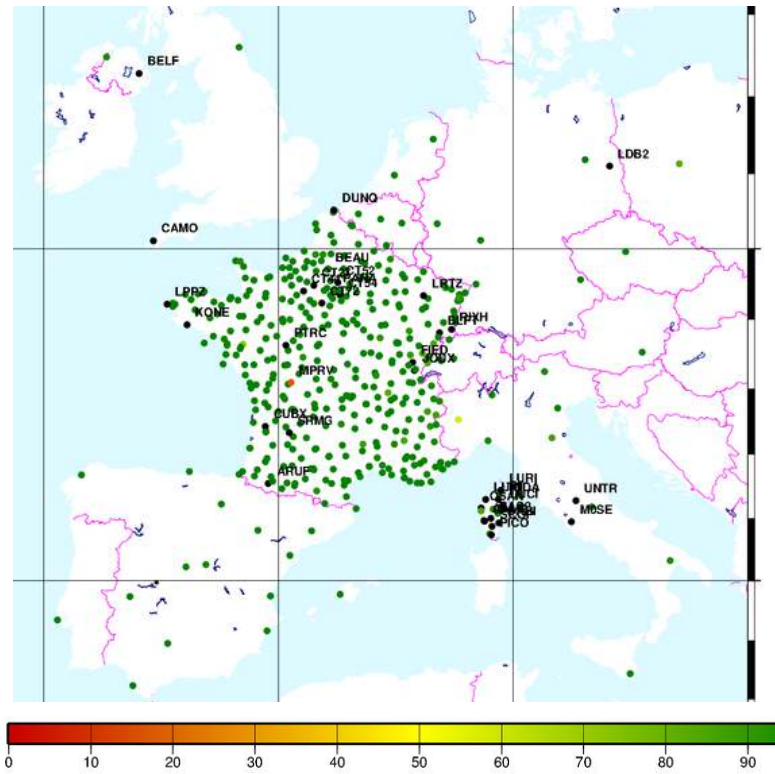
# 2. Calculs horaires

COST file	COST-716 V2.2	E-GVAP	DEMO	LEICA GR10	LEIAS10	NONE	44.172514	0.611544	113.742	65.023	0.00 17-
	AGEN 19722M001	Agen (France)[FR]				NONE					
	MAR-2019 23:00:00	18-MAR-2019 00:48:00	SGN2	BERNESE 5.2	SGNULT	NONE		15	60	360	00000045 5
	23 00 00	FFFFFFFF	2383.8	2.2	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9
	23 15 00	FFFFFFFF	2382.1	2.2	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9
	23 30 00	FFFFFFFF	2380.9	2.2	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9
	23 45 00	FFFFFFFF	2379.9	2.3	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9
	23 59 00	FFFFFFFF	2379.4	2.6	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9	-9.9

## 3 calculs régionaux lancés autour de h+25'

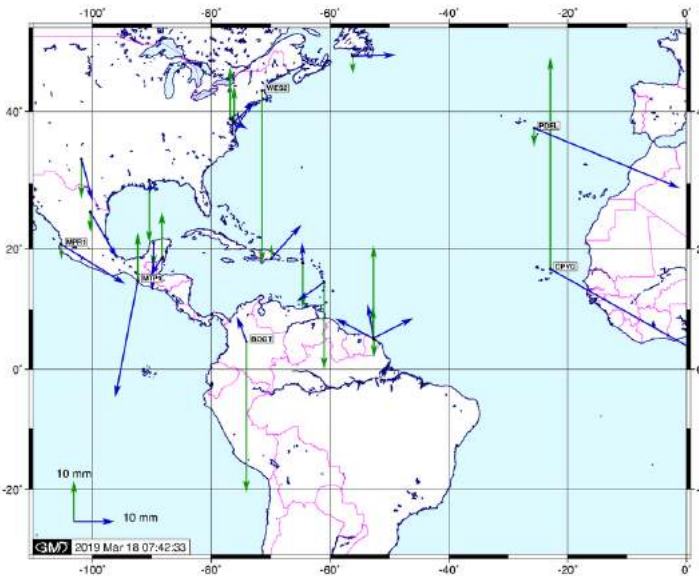
But : réduire la longueur des lignes de base et le temps de calcul

métropole et alentours (~550 stations)  
 temps de calcul 40' en augmentation rapide



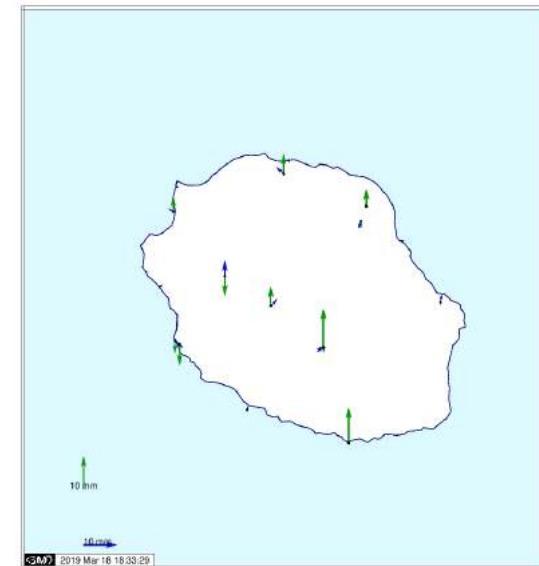
## Atlantique Nord-Ouest (Antilles, Guyane, ... ~15 stations)

Helmert IGS08 2019-077-G



## Océan Indien (Réunion, Mayotte..., ~25 stations) temps de calcul 15'

Helmert RGR92 2019-075-0



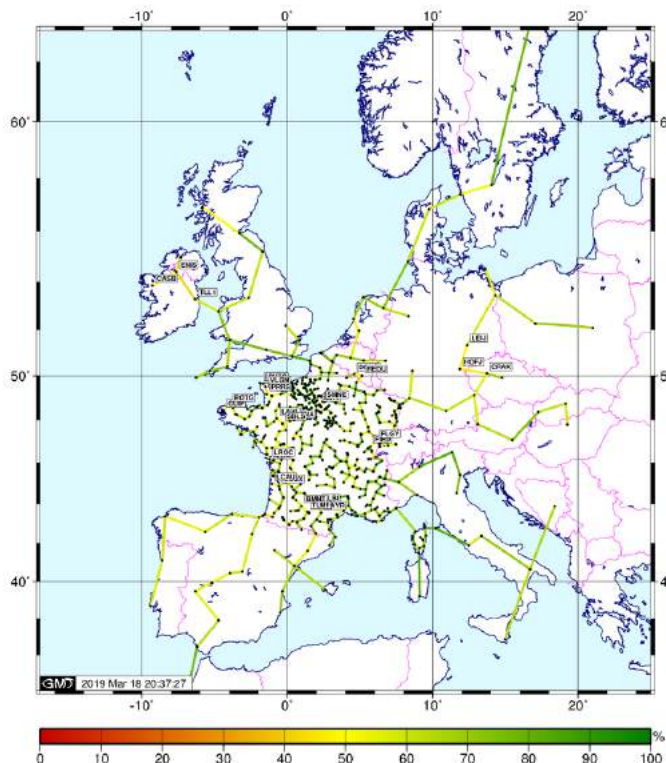
# 2. Calculs journaliers régionaux

## Objectifs :

- Calcul rapide (contribution EUREF)
- Stabilité moyen et long-terme (vitesses, discontinuités, sauts, )
- Maintenance des coordonnées + calcul des nouvelles stations
  
- 24h/30s lancés à j+1
- GPS+GLONASS
- Orbites / horloges / erp rapides ESR (ESA)
- Estimation d'un jeu de coordonnées, d'un ZWD / heure , d'un couple de gradients tropo / 6 heures
- 3 calculs régionaux

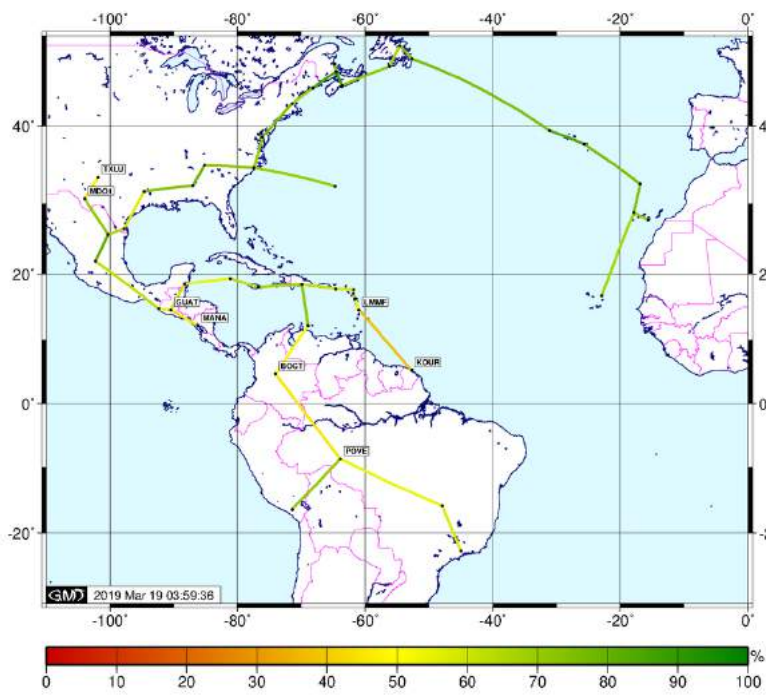
## France + Europe (EUREF)

Ratio resolution ambiguïtes GPS 2019-076-0



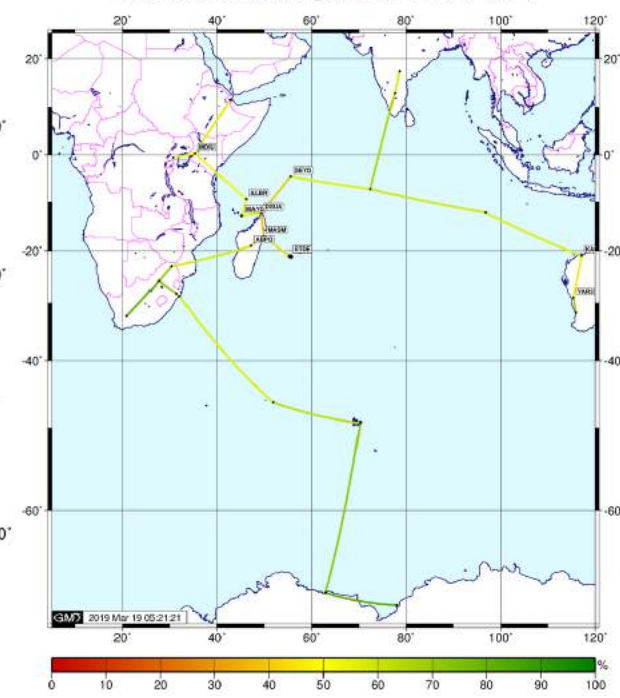
## Atlantique Nord-Ouest

Ratio resolution ambiguïtes GPS 2019-076-0



## Océan Indien

Ratio resolution ambiguïtes GPS 2019-076-0

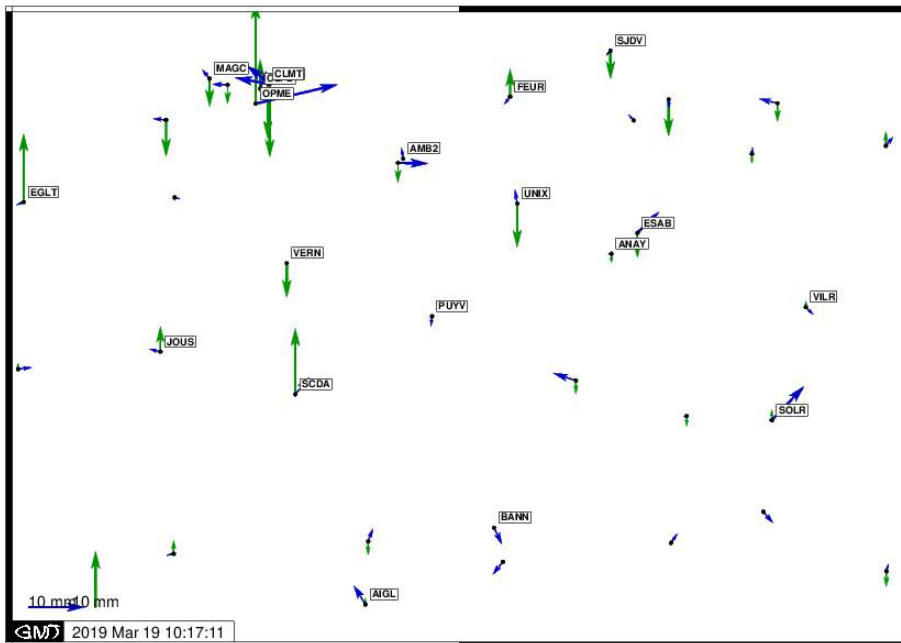


## 2. Calculs journaliers régionaux

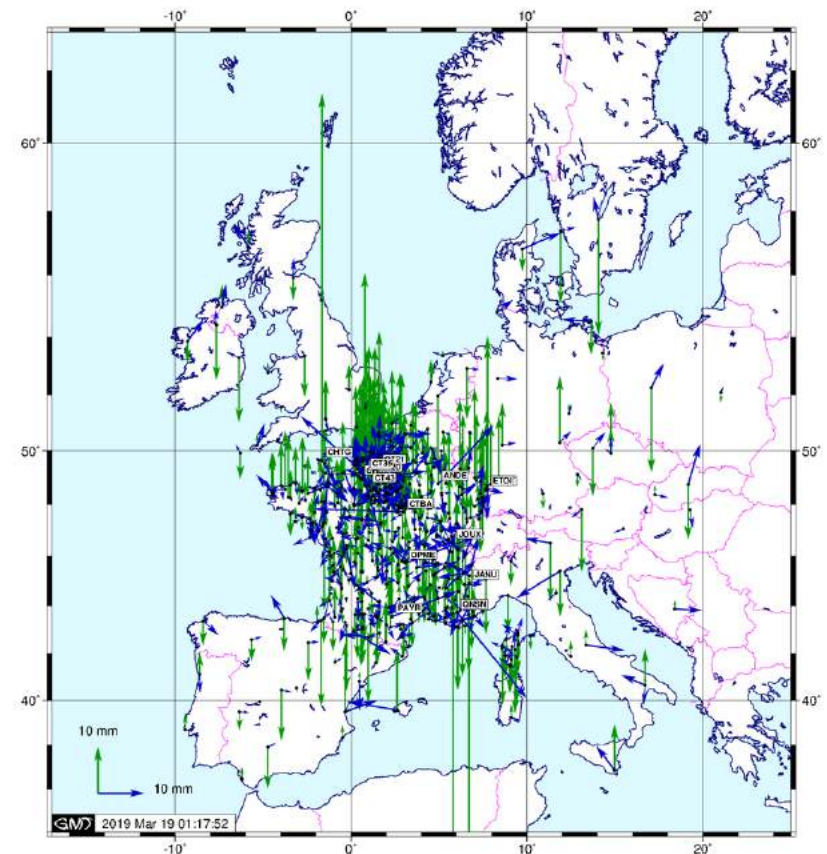
### Calcul journalier rapide Européen

- 604 stations dont 501 stations françaises (RGP) ~5h de calcul
- Seulement stations avec > 60 % données GPS dispo
- Parallélisation de la récupération des données et du preprocessing
- 6 clusters géographiques pour l'estimation (tropo, résolution ambiguïtés QIF et L1L2, coordonnées)
- Mises en référence
  - RGF93 (sur 160 stations RGP « stables »),
  - ETRF00 ep courante, IGS époque courante (sur 190 stations dont 70 EPN)
- SINEX EPN solution rapide

Helmert RGF93 2019-076-0



Helmert IGS08 2019-076-0





# 2. Calculs journaliers régionaux

## Contrôle qualité de niveau 2 : Alertes mails

Subject: DCAL 2019-076-0 - Info : Moving stations (high HELMR1 residuals)- CT34 JOUX

To: rgpcalcul@ign.fr ☆

DCAL 2019-076-0 Helmert on IGSxx coordinates  
Stations with dE>25.0mm, dN>25.0mm or dU>35.0mm

JANU 19815M001	-4.1	-11.6	-95.7	in station_mouvement.lis (altitude-neige)
CHTG 19622M001	3.1	-5.1	79.4	in station_mouvement.lis (bruitAcé depuis 28/07/18 (cause inconnue))
JOUX 19949M001	-6.1	-1.6	-70.3	
CT34 19915M001	-13.8	12.4	43.4	

## Rapports de calcul (en ligne)

### Sessions intégrées au calcul

Année	DOY	Session
2019	076	0

▲ ▲ ▼ ▼

### Orbites et coordonnées du pôle

Orbites	Coordonnées du pôle
esr20450.sp3.Z	esr20450.erp.Z

### Calcul des coordonnées sur le code

Les stations sont éliminées du calcul si l'écart entre les coordonnées issues du calcul sur le code et les coordonnées à dE=5.0 m, dN=5.0 m ou dU=10.0 m

Station	dE (m)	dN (m)	dU (m)
ACOR	-0.05m	-0.10m	0.66m
ADAR	-0.03m	0.01m	0.37m
AGDE	-0.07m	-0.17m	1.89m
AGDS	-0.07m	-0.13m	0.19m
AGEN	-0.00m	0.01m	0.22m

## Contrôle qualité

Station	Fichier	Ratio qc_gps	Ratio qc_glo	qc - header GPS	qc - header GLO	IOD slips <10°	IOD slips >10°	Static dans
UNTR	-	-	-	-	-	-	-	-
VLIS	-	-	-	-	-	-	-	-
TUDA	x	12.3%	11.6%	24.2376m	13.6128m	0	0	-
NICA	x	17%	15.9%	7.3328m	12.6257m	0	1	-
MPRV	x	19.9%	16.4%	6.9610m	14.9661m	0	477	-
NEWL	x	4.9%	0%	32.7478m	16.0765m	0	683	-

### Fixation des ambiguïtés

Station 1	Station 2	Longueur	Constellation	Ambiguïtés posées	Ambiguïtés fixées QIF	Ambiguïtés fixées L12	Ratio
CHTL	MODA	29.369km	G	134	116	-	86.6%
CHTL	MODA	29.369km	R	88	20	-	22.7%
CHTL	MODA	29.369km	GR	222	136	-	61.3%
CT10	CT24	11.852km	G	178	122	51	97.191%
CT10	CT24	11.852km	R	186	46	134	96.774%
CT10	CT24	11.852km	GR	364	168	185	96.978%

### Mise en référence IGS08

#### Paramètres de transformation

	Valeur	Ecart-type
TX	-48.46	- 5.18
TY	-33.88	- 5.62
TZ	40.72	- 5.15
k	0.00138	- 0.000
RX	0 0 0.000707	- 0.0001
RY	- 0 0 0.001940	- 0.0001
RZ	- 0 0 0.000735	- 0.0001

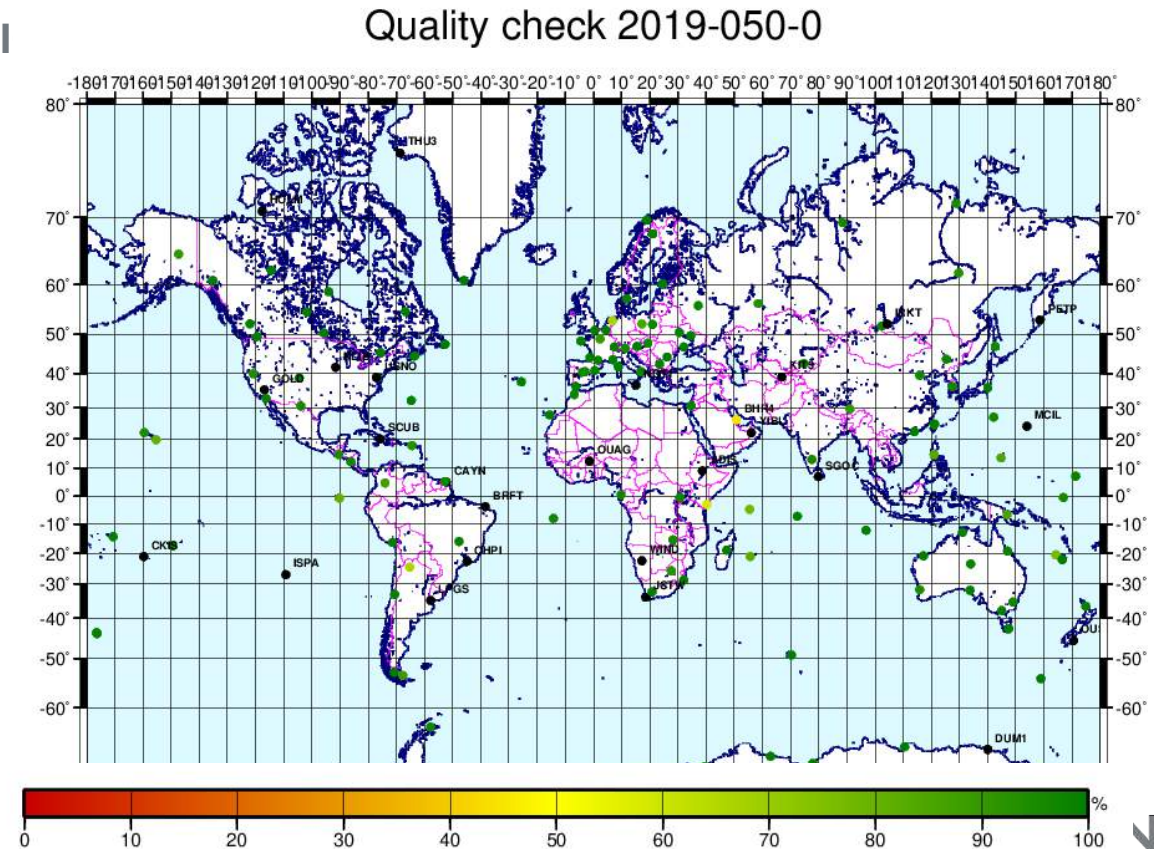
#### Résidus

Station	N (mm)	E (mm)	U (mm)	Mark
ACOR	-3.02	3.30	-5.30	
ADAR	1.63	-1.01	2.26	M
AGDE	-4.14	-3.44	5.11	
AGDS	0.13	-0.13	-5.49	
AGEN	-0.30	-1.30	1.88	M

# 2. Calculs journaliers mondiaux

## Calculs journaliers précis mondiaux

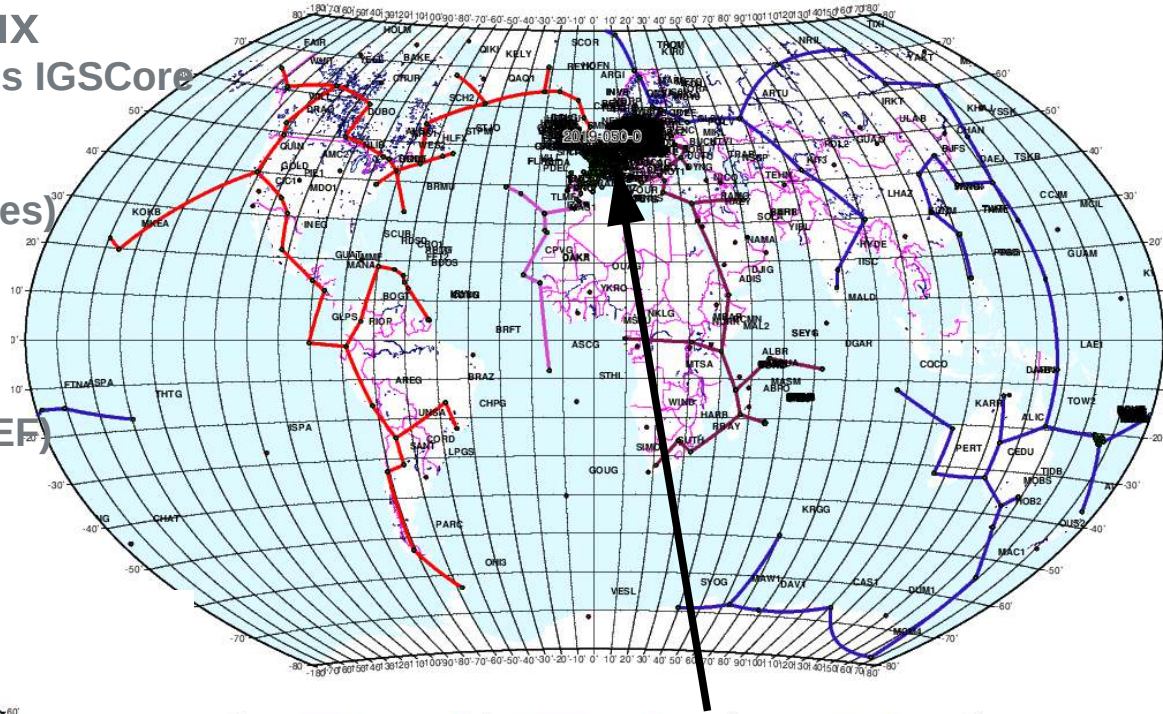
- 630 stations dont 240 stations IGS, 80 stations EPN et 310 stations RGP
- GPS seul, j+21 jours (éphémérides CODE précises)
- Stratégie identique aux calculs régionaux (3 GPSEST)
- Estimation d'un jeu de coordonnées, 1 ZWD/h, 1 jeu de gradients tropo/jour
- Combinaison de deux calculs globaux, l'un sur des stations stables et bien réparties (IGS core) plus contraint
  
- Premier calcul sur IGSCore (~150 stations I de bonne qualité réparties de manière homogène)
- Tropo a priori et fct de projection : VMF
- Pas de sous-réseau
- Sauvegarde des équations normales après GPSEST final



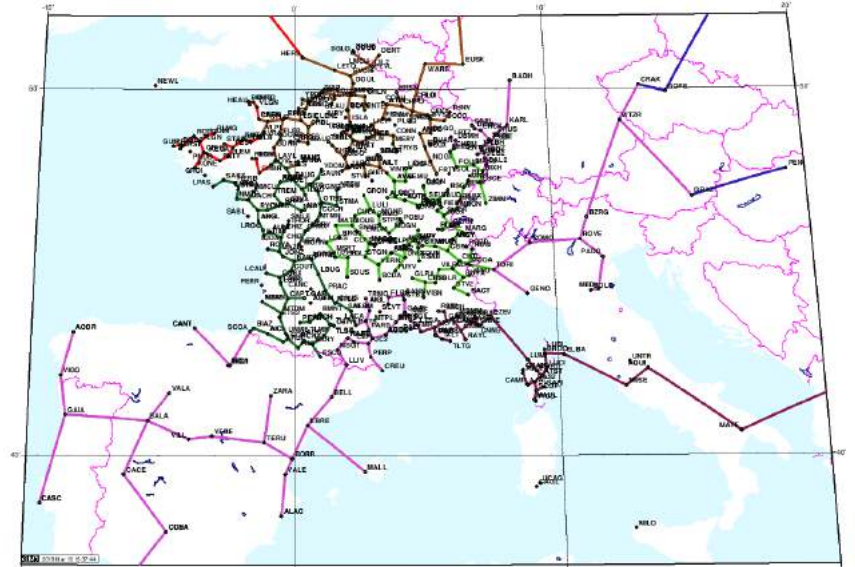
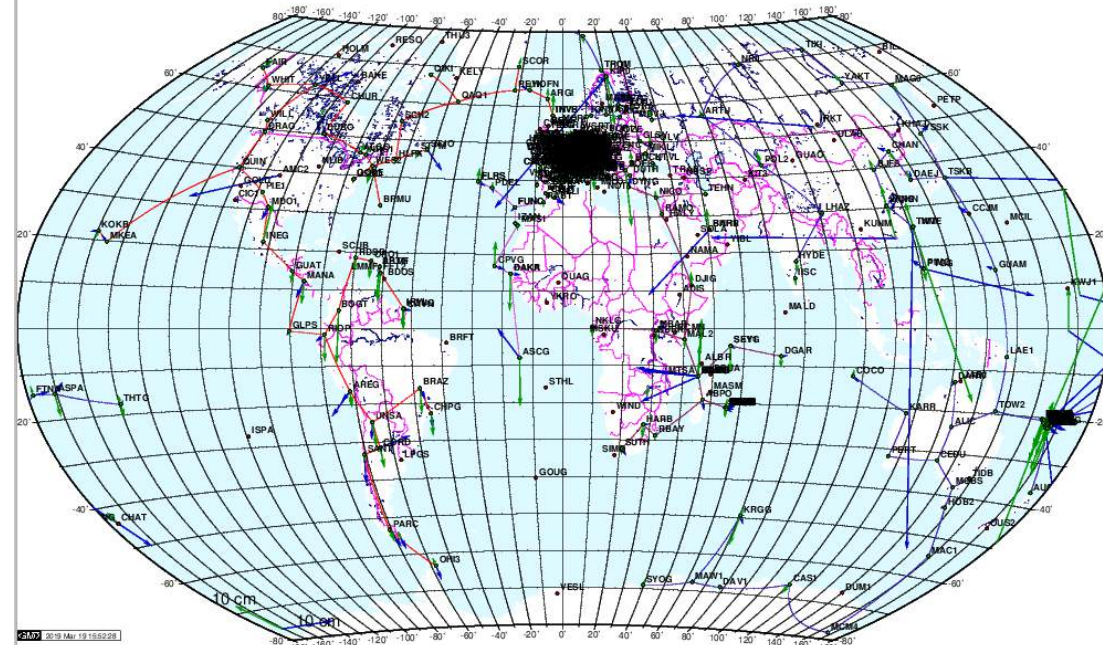
# 2. Calculs journaliers mondiaux

## Calculs journaliers précis mondiaux

- Second calcul incluant ~90 stations communes IGS Core
- Combinaison des équations normales de 7 sous-réseaux (avec 1 ou 2 stations communes) et de celles issues du calcul « IGS Core » précédent
- Sauvegarde des équations normales « combinées » et du Sinex (contribution EUREF)
- Helmert en IGS sur 120 stations de l'IGS Core + EPN



2019-050-0 - résidus du Helmert sur les coordonnées IGS08



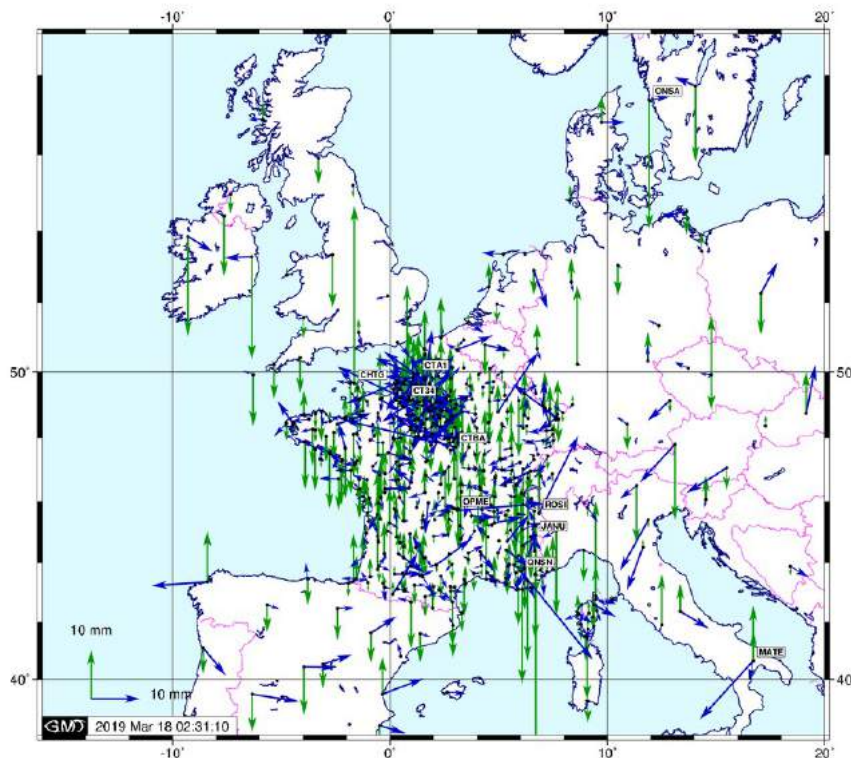
# 3. Combinaisons hebdomadaires

- Combinaison des solutions hebdomadaires des calculs journaliers régionaux + mise en référence Helmert
- Procédure de mise à jour des coordonnées des stations RGP et de leur incertitude = combinaison sur 7 à 20 jours

Écart coord combinée / coord journalières

SLEU 97403S001	N	1.66	1.66	-0.73	-2.61	-1.22	1.47	-0.01	1.66
SLEU 97403S001	E	1.62	1.76	0.12	1.57	1.37	-1.78	-0.03	-2.25
SLEU 97403S001	U	4.28	4.81	2.19	-7.93	1.15	-0.65	3.44	-2.35

Helmert RGF93 2019-075-7

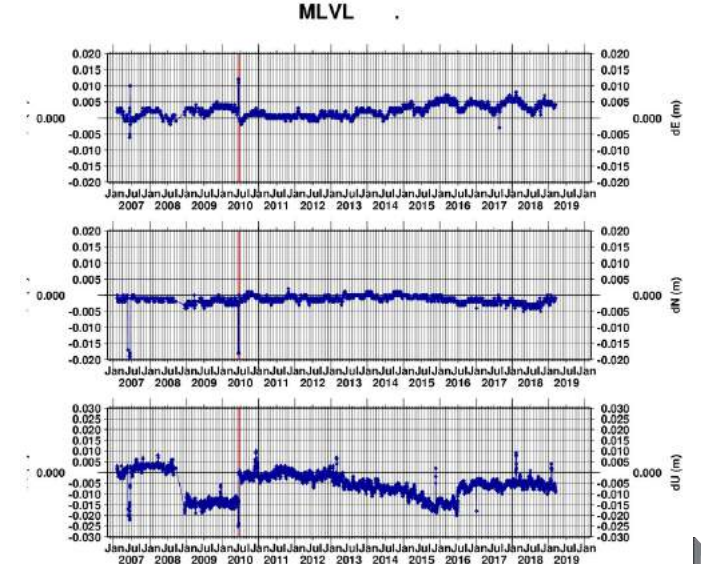
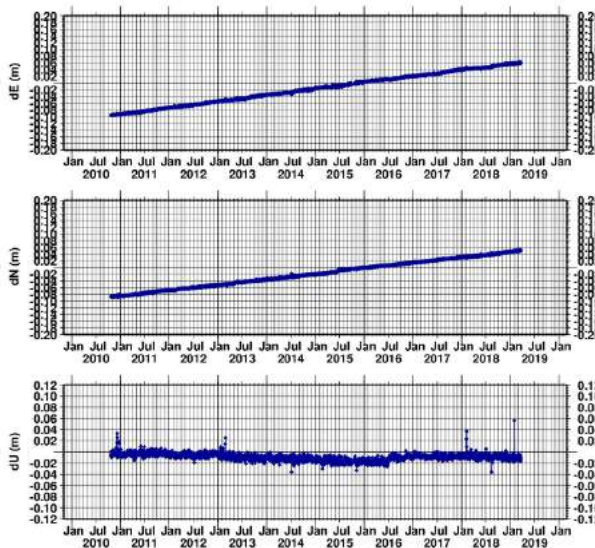
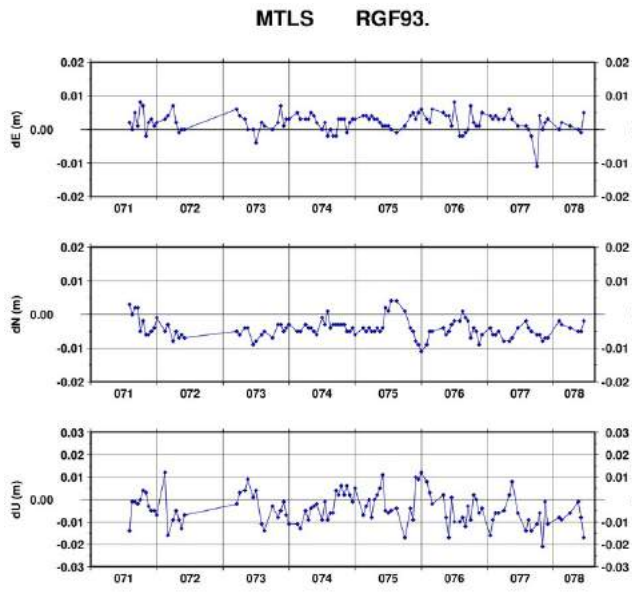
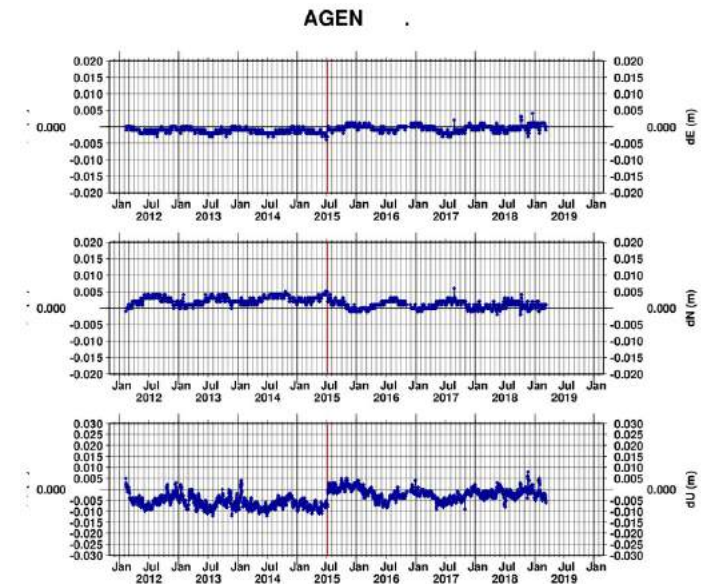
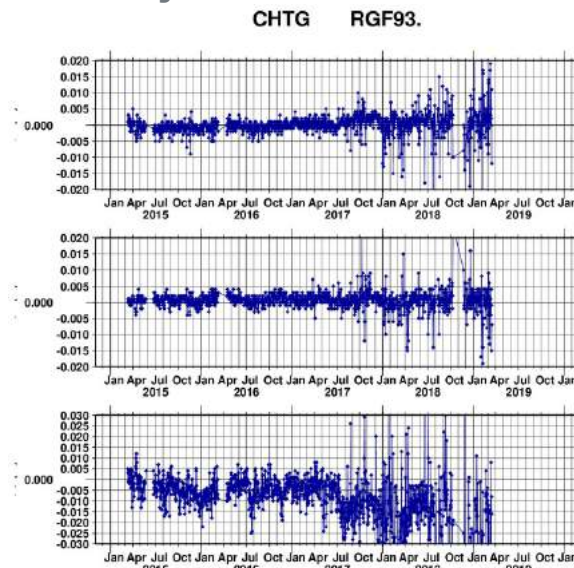


Identification des « vrais » problèmes de stabilité

- incertitude =  $\sqrt{(\sigma(\text{helmert})^2 + \sigma(\text{gpsest ou combinaison})^2)}$

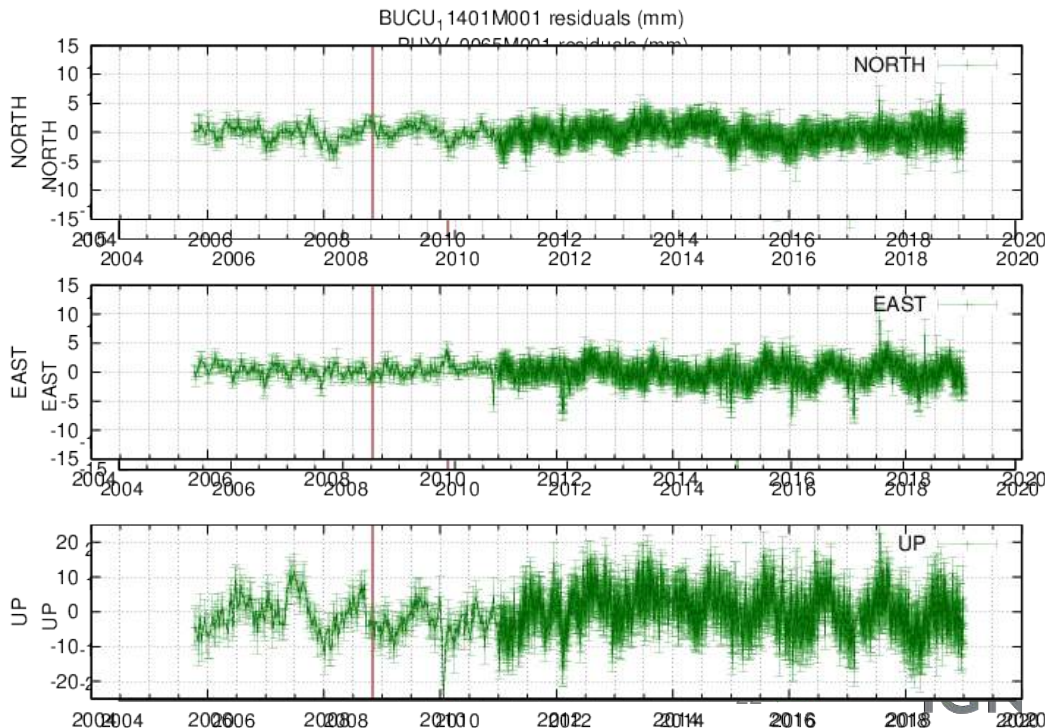
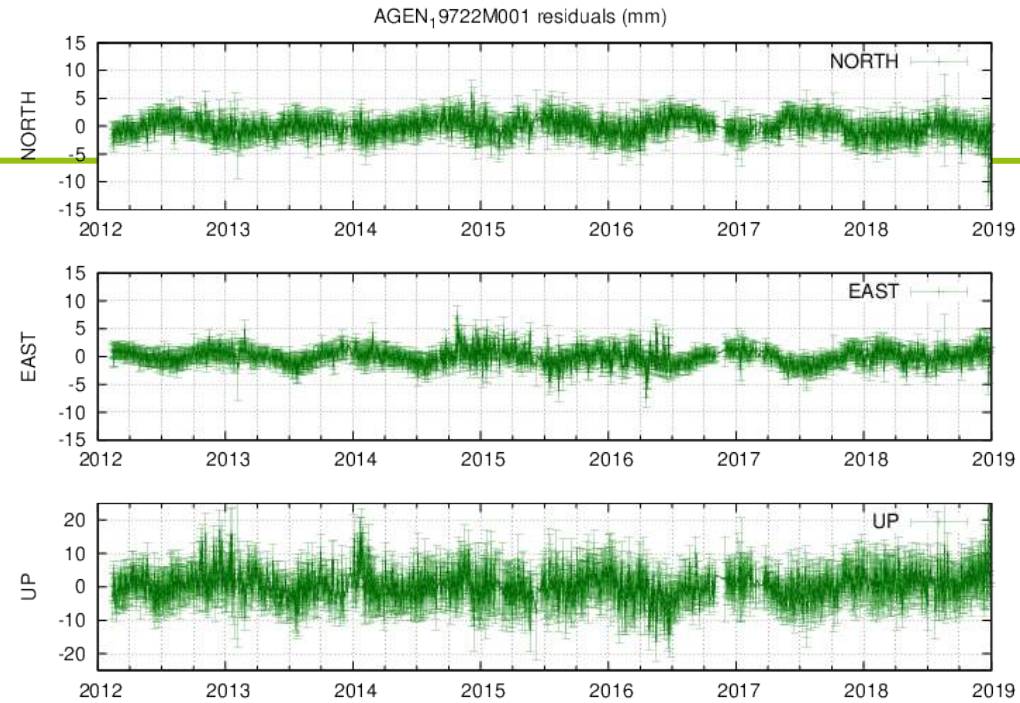
# 4. Séries temporelles

- Concaténation des coordonnées issues de Helmert en IGSxx/RGF93 ou système légal local /journalières
- Accès http /hebdomadaires
- Pas de correction des offsets
- Vitesses plani et mouvements verticaux
- Vitesses résiduelles en RGF93 / horaires



# 4. Séries temporelles

- Toutes les x années, reprocessing homogène des calculs journaliers régionaux et globaux (orbites précises)
- Fait en 2018 pour calculer (notamment) coordonnées et vitesses des sites RGP en IGS14
- Solution combinée journalière global/régional (mais alignée sur solution globale)
- Alignement sur IGS14.snx et estimation d'un jeu de coordonnées et vitesses par soln en IGS14
- Formation de « vraies » séries temporelles en IGS14 (ici sans tendance)



IGS14 from RGP09\_I14.SNX 04-MAR-19 12:09

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS14 EPOCH: 2009-01-01 00:00:00

NUM	STATION NAME	VX (M/Y)	VY (M/Y)	VZ (M/Y)	FLAG	FM	TO
1	ABMF 97103M0011	0.0076	0.0094	0.0141		08:197:47340	09:290:86370
2	ABMF 97103M0012	0.0076	0.0094	0.0141		09:291:00000	12:022:86370
3	ABMF 97103M0013	0.0076	0.0094	0.0141		12:025:00000	

IGS08 from RGP09-2013\_I08.SNX 10-OCT-14 16:12

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08 EPOCH: 2009-01-01 00:00:00

NUM	STATION NAME	VX (M/Y)	VY (M/Y)	VZ (M/Y)	FLAG	FM	TO
1	ABMF 97103M0011	0.0053	0.0122	0.0127		08:311:00000	09:288:00000
2	ABMF 97103M0012	0.0053	0.0122	0.0127		09:288:00000	

# 5. Calcul en ligne différentiel

- Service libre de calcul en ligne doubles-différences avec BERN5.2 ouvert à tous
- Positionnement statique 30s, peu adapté au statique rapide, pas de cinématique.
- Ne remplace pas les logiciels de post-traitement topo
- Rinex 2 de 1 à 24h, possibilité d'utiliser un pivot central
- Dépôt des Rinex via le site RGP ou via FTP sur rgpdata.ign.fr
- Utilise stations RGP, EUREF (calculées) et IGS
- GPS+GLONASS
- Tropo / fct projection GMF
- Preprocessing géré hors de Bernese :
  - nombre de stations permanentes et dist max
  - m à j des fichiers généraux
  - lecture / édition du rinex du rover (en-tête, coord appr)
  - récupération orbites , erp,
  - récupération des Rinex des stations de base ( , > 3, <12)
  - détermination du syst de référence (IGS08 en métropole, celui des orbites ailleurs)
  - calcul des coeffs de marée
- Lancement PCF Bernese type RGP (2 types selon le type de formation des lignes de base)
- Postprocessing géré hors Bernese (écriture rapport, calc. Circé, envoi rapport par mail...)

**GPS en ligne**

Avant de soumettre un (ou des) fichier(s), veuillez vous assurer qu'il(s) respecte(ent) les règles définies dans l'aide sur **le service de calcul en ligne**, en particulier les éléments suivants :

- Format : format Rinex 2 (.yyo) avec compression zip (.yyo.zip) ou Hatanaka (.yyd) ou Hatanaka+Z (.yyd.Z)
- Types d'observations : Observations statiques et bi-fréquence
- Temps d'observation : minimum 1h (1h30 conseillé) échantillonné à 30s

**Fichiers d'observation au format RINEX**

Pivot :  No file selected.  
Taille maximale : 50 Mo  
Stations rayonnées :

Fichier n°1 :  No file selected.  
Fichier n°2 :  No file selected.  
Fichier n°3 :  No file selected.  
Fichier n°4 :  No file selected.  
Fichier n°5 :  No file selected.

**Stations GNSS Permanentes à Intégrer**

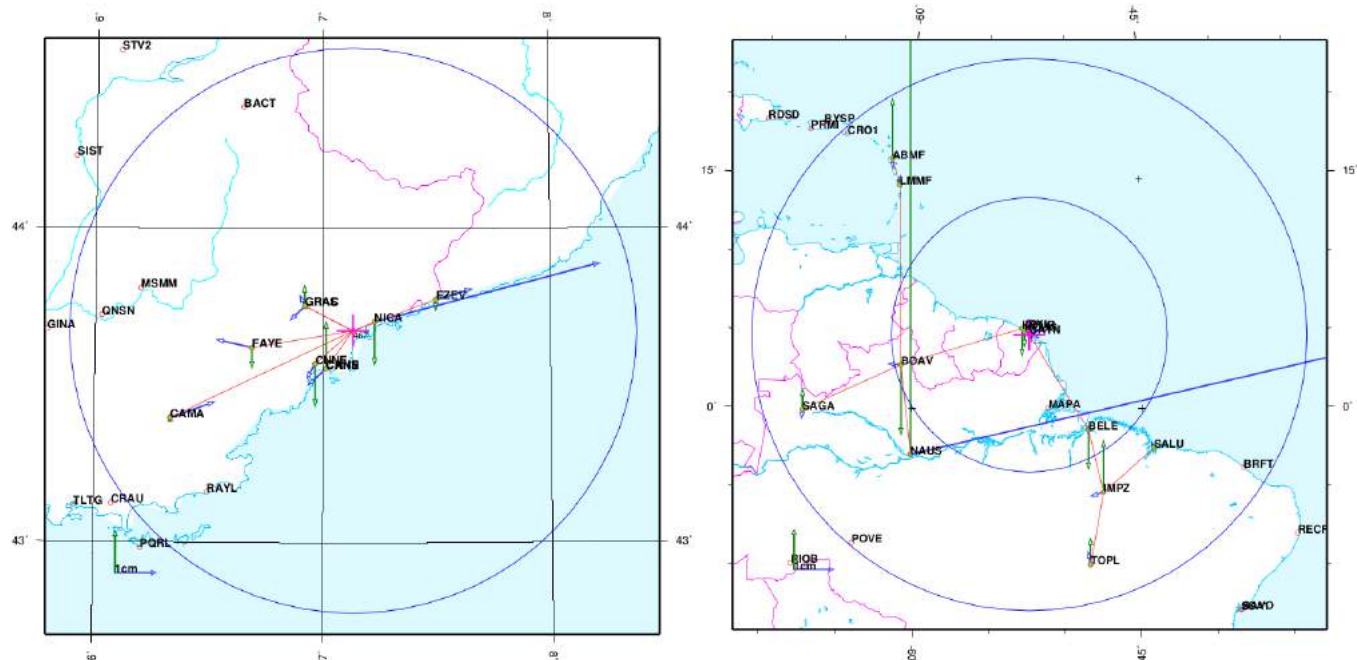
Nombre maximum	Eloignement maximum
<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="1000 km"/>

Adresse Email, où vous sera envoyé le rapport de calcul

# 5. Calcul en ligne différentiel

- Processing proche de celui utilisé pour les calculs routiniers
  - concaténation orbites
  - mise au format BERN des orbites, horloges, Rinex
  - QC Single Point Position (bases et rover), sauts de cycle
  - formation des lignes de base
  - trois estimations successives (Tropo, fixation ambiguïtés QIF, tropo + coordonnées)
  - un ou plusieurs Helmert (IGSxx et système local si IGS08)
- Orbites igr, igs, igl
  - ! pas de calcul si syst réf des orbites  $\leq$  IGS05
  - ! pas de Glonass si  $\text{date} < \text{j} + 20$
- Lignes de base « STAR » (positionnement GNSS classique) si la dist. moyenne aux stations permanentes  $< 200$  km (métropole, Europe), « SHORTEST » (réseau type RGP) ailleurs
- Helmersts :
  - IGSxx (IGS14 ou (encore) IGS08 en Europe et dans les DOMs)
  - ETRF00, RGF93 (France)

Coordonnées dans les autres systèmes locaux via formules classiques (IGS08  $\rightarrow$  RGFG95, etc...)





# 5. Calcul en ligne différentiel

## ■ Rapport de calcul envoyé :

ORBITES : igu20451\_18.sp3.Z  
 ROTATION TERRESTRE : igu20451\_18.erp.Z  
 Systeme de reference du calcul d'apres les ephemerides : IGS14

← orbites

RECEPTEUR: RCVR : RECONNU IGS : NON -> DEFAULT : SIMULA  
 \*antenne : radome sans indication = 'NONE' (DEFAULT)  
 ANTENNE :>LEIAR10 NONE<: RECONNUE IGS : OUI  
 ANTENNE CENTRES DE PHASE N/E/H :  
 LEIAR10 NONE L01 0 1.42 -0.25 88.04  
 LEIAR10 NONE L02 0 0.61 0.19 81.17  
 ANTENNE ARP N/E/H : 0.0000 0.0000 0.0000

← - matériel (! antenne)

DATE DEBUT : 18/03/19 07:04:00.0000000  
 DATE FIN : 18/03/19 10:34:00.0000000

II/ SATD : STATIONS DE REFERENCE DANS UN RAYON DE 1000 km (MAX : 12)

1 lesa : 13448m  
 lesa0770.19d.Z => LESA0770.19O  
 2 pali : 29152m  
 pali0770.19d.Z => PALI0770.19O

← stations de base

13 mtp1 : 76410m  
 Donnees manquantes  
 14 mtp2 : 76468m  
 mtp20770.19d.Z => MTP20770.19O

LIGNE DE BASE Dist(km) AMBIGUITES RESOLUES  
 SATD APT1 53.9 30 16 ( 53.3%)  
 SATD AXPV 45.2 32 14 ( 43.8%)

← - % d'ambigüités résolues

SATD STMR 37.9 32 16 ( 50.0%)  
 AMBIGUITES L1 L2 : 398 RESOLUES : 202 ( 50.8%)  
 FACTEUR DE VARIANCE : 1.71  
 SIGMA\_0 : 0.0013 M  
 PRECISION INTERNE ESTIMEE (MILLIMETRES) :  
 SATD 99999S999

← précision interne

SX : 4.6 SY : 1.2 SZ : 3.9 SN : 1.7 SE : 1.1 SH : 5.8

- coordonnées

SATD 99999S999  
 POSITION IGS08 EPOQUE 2019.21 (18/03/19) :  
 SATD 99999S999  
 X: 4607055.76976 Y: 387819.40194 Z: 4379149.22109  
 POSITION IGS08 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :  
 SATD 99999S999  
 LONGITUDE 4.8117826519 ° LATITUDE 43.6383542039 ° HELL 72.4788  
 E 004 48 42.417547 N 43 38 18.075134 72.4788  
 POSITION IGS08 EPOQUE 2005.0 (01/01/05) :  
 SATD 99999S999  
 X: 4607055.9389 Y: 387819.1263 Z: 4379149.0676  
 VX: -0.0119 VY: 0.0194 VZ: 0.0108

- coord locales

POSITION RGF93 EPOQUE 2019.21 (18/03/19) :  
 SATD 99999S999  
 X: 4607056.19796 Y: 387818.87009 Z: 4379148.81809  
 POSITION RGF93 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :  
 SATD 99999S999  
 LONGITUDE 4.8117756389 ° LATITUDE 43.6383492057 ° HELL 72.4772  
 E 004 48 42.392300 N 43 38 18.057140 72.4772  
 LAMBERT-93 : E = 846224.906m N = 6283822.515m IGN69 : Alt = 23.184m

- résidus de Helmert sur stations de base

QUALITE DE LA MISE EN REFERENCE ETRS89 :  
 RESIDUS N E HE (MILLIMETRES)

NOM	N	E	HE
AXPV 10057M001	-3.32	3.06	-4.24
MARS 10073M008	4.95	-12.19	0.39

EMQ	2.71	4.58	6.75
-----	------	------	------

EXACTITUDE ESTIMEE (2\*SIGMA) :

SATD E\_N : 8.6 mm E\_E : 10.9 mm E\_H : 21.0 mm

← - précision coordonnées estimées à 2σ  
 $= 2\sqrt{(\sigma_{gpsest})^2 + (\sigma_{helmertmoyen})^2 + (\sigma_{syst\_ref})^2}$

← 3mm plani, 6 mm up

# 5. Calcul en ligne PPP

- Service libre récemment ouvert à tous
- Basé sur logiciel PPP développé à l'IGN à la base pour la trajectographie
- Statique / cinématique (détection automatique)
- Rinex 2 à partir de 30 minutes (>20)
- GPS seul
- Orbites et horloges sgu (IGN)
- Préprocessing :
  - orbites transformées repère inertiel (j2000) puis interpolées
  - Rinex lissés et sauts de cycle détectés
- 1 er traitement indépendant époque / époque
  - 5 inconnues (X, Y, Z, ZTD, décalage horloge récepteur)
- 2 eme passage : filtrage de la tropo (époque, dénivelées), puis résolution pour les n époques (inv Cholesky)
- Si IGS08, transformation en RGF93 (bientôt aussi pour IGS14)

The screenshot shows the web interface for the IGN online PPP calculation service. The browser address bar shows 'rgp.ign.fr/SERVICES/ppp\_online.php'. The page header includes the IGN logo and the text 'RESEAU GNSS PERMANENT'. A navigation menu contains 'CARTE', 'RESEAU', 'STATIONS', 'DONNÉES', 'PRODUITS', 'SERVICES', and 'INFORMATI'. Below the menu, there is a 'questionnaire de satisfaction client' and a date '20 mars 2019 - jour 079 - semaine 2045 (3) - 15H11 TL'. The main heading is 'Calculs PPP en ligne'. A warning box states: 'Avant de soumettre un (ou des) fichier(s), veuillez vous assurer qu'il(s) respecte(ent) les règles définies dans l'aide sur le service de calcul PPP en ligne, en particulier les éléments suivants :'. The rules listed are: Format: format Rinex 2 (.yyo) avec compression Hatanaka (.yyd) ou Hatanaka+Z (.yyd.Z); Types d'observations: Observations bi-fréquence statiques ou cinématiques; Temps d'observation: minimum 30 min (2h conseillées); Echantillonnage: 1s (cinématique, statique) ou 30s (statique). Below this, there is a section for 'Fichiers d'observation au format RINEX' with a 'Browse...' button and the text 'No file selected.' and 'Taille maximale : 50 Mo'. At the bottom, there is a field for 'Adresse Email, où vous sera envoyé le rapport de calcul' with the email 'varto49pyd@gmail.com' entered.

# 5. Calcul en ligne PPP

## Rapport de calcul envoyé par mail

mjd\_start 58512.4354 mjd\_end 58513.2819 (20.3167h) sampling 30.0000s  
 .  
 Orbits/clocks/erp for mjd 58512.44 OK (sgu20383\_08.sp3/sgu20383\_08.clk\_30s/sgu20383\_08.erp)

RSW RMS (m) : 0.0046 0.0060 0.0031  
 SVs 31 G01 G02 G03 G05 G06 G07 G08 G09 G10 G11 G12 G13 G14 G15.....  
 REFERENCE FRAME :: ITRF2014[IGS14]

orbites

STATION NAME : SO  
 RECEIVER TYPE : LEICA GX1230+ GNSS  
 ANTENNA TYPE : TRM57971.00 NONE  
 IGS08\_1930 <TRM57971.00 NONE> L1 : dN 0.00111m dE -0.00032m dU 0.06677m  
 IGS08\_1930 <TRM57971.00 NONE> L2 : dN 0.00007m dE 0.00066m dU 0.05779m  
 <TRM57971.00 NONE> IF(G) : dN 0.00272m dE -0.00183m dU 0.08065m

matériel

ANTENNA HEIGHT : 0.0000  
 APPROX POS RNX : 4201691.156 177854.259 4779367.308  
 DATE FIRST : 2019 01 29 10 27 00.0  
 DATE LAST : 2019 01 30 06 46 00.0  
 EPOCHS : 2437 INTERV : 30.000

statistiques

CLOCK SV ISSUES: G18 02:48:29 02:49:01  
 AMBIG. : 170

APPROX POS SPP : 4201693.716 177854.115 4779369.168

pos. Approchée

PPP COMPUTATION (ITRF2008[IGS08] EP=2019.077)

\*\*\*\*\*  
 ZTD relative constraint 0.010 m/h  
 ECLIPSE for sv G12 IIR-M 19:10:30 -> 20:20:00 (mismodelled wind-up :: dewighted)

actual epochs # 2432/2437  
 MEAN XYZ with E\_TIDES applied 4201694.544 177854.444 4779369.924  
 MEAN geo with E\_TIDES applied E 002°25'25.81887" N 48°50'44.23763" h 122.1097

RESIDUALS STATISTICS

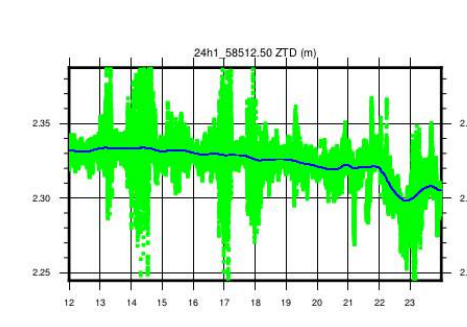
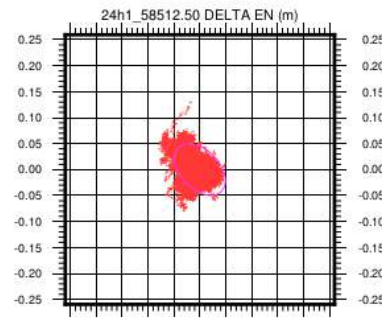
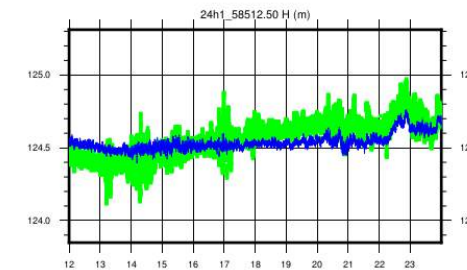
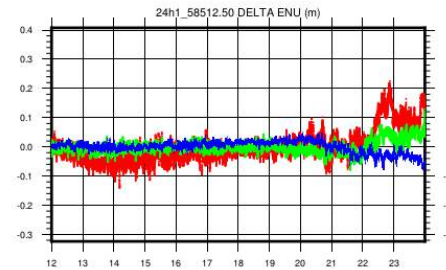
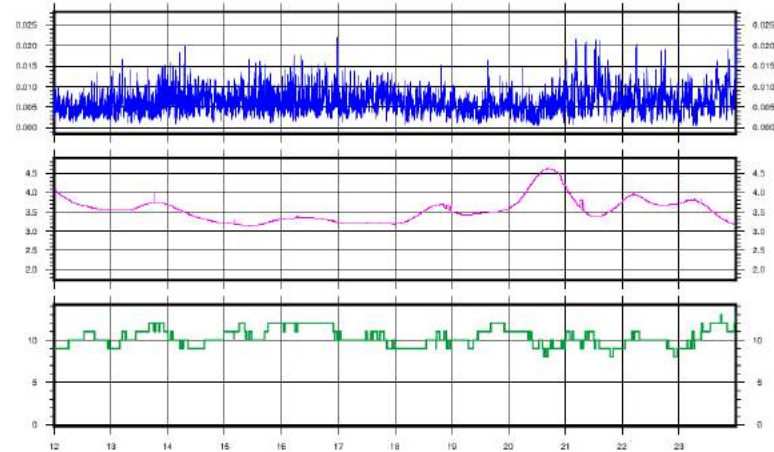
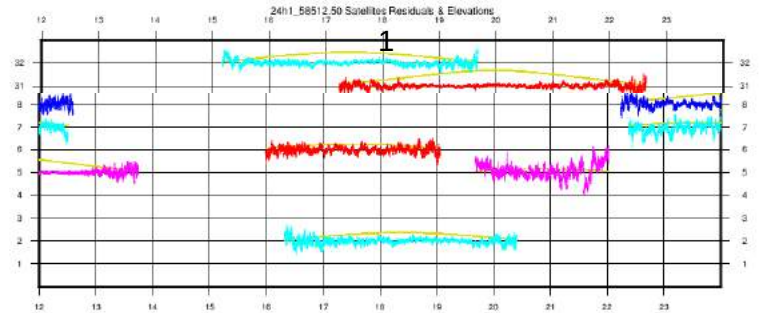
\*\*\*\*\*  
 VTPV 183310.838 nobs 49804 dof:37474 sig0 2.212  
 RMS SV G01 P 0.0104 C 0.6965 (nobs 848)  
 RMS SV G32 P 0.0121 C 1.3435 (nobs 1071)  
 RMS ALL P 0.0092 C 1.0195 (nobs 24902)

résidus

FINAL REFERENCE

\*\*\*\*\*  
 REF RGF93 PLATE EU EPOCH 2019.0767  
 TRANSFORMATION DONE from ITRF14 (2019.077) to RGF93 (2019.077)  
 MEAN XYZ RGF93 4201694.973 177853.958 4779369.547  
 MEAN geo RGF93 E 002°25'25.79420" N 48°50'44.21965" h 122.0952 (IGN69 78.303m)  
 MEAN prj RGF93 LAMB93 E 657715.841 N 6860773.261 H 78.303 IGN69  
 Quasi static station RMS E 0.0546m N 0.0321m U 0.0837m  
 Error ellipse [95.00%] semi\_maj: 0.1395m (az 109.0°) semi\_min: 0.0677m (az 19.0°) U ± 0.1641m  
 dE dN dU vs RNX header coo dE -0.4622m dN -1.3883m dU +4.1881m

résultats



# Perspectives

- Passage définitif en IGS14
- Prise en considération des Rinex 3
- Updates BERN pour utilisation de Galileo (en attente)
- Calculs journaliers en VMF
- PPP Bernese en phase de tests
- Stratégie des calculs horaires en limite de rupture → nécessité d'explorer d'autres pises sans Inversion finale (PPP, Helmerts seuls...)
- Sous-réseau RGP Core pour les calculs journaliers ? (modèle calcul mondial)
- Fusion RGP / Réseaux mondiaux = mutualisation des moyens, rationalisation...
- Fiabilisation du PPP en ligne dont définition d'une transfo IGS14 → RGF93 (?)