

Traitement des données GPS

Calcul du profil de géoïde

Modélisation du géoïde

Déchargement des données

- Sortir les cartes mémoires des récepteurs, les connecter sur lecteur de carte, le connecter au port USB de l'ordinateur.
- Créer un répertoire de travail et y copier les fichiers de données:

USITEAYR.D0Y

Code du site Numéro de session Année (2 chiffres) Jour de l'année

- Ils sont en format binaire, dans un format propriétaire => conversion en format d'échange « RINEX » (**R**eceiver **I**Ndependent **E**Xchange).

Déchargement des données

- Sortir les cartes mémoires des récepteurs, les connecter sur lecteur de carte, le connecter au port USB de l'ordinateur.
- Créer un répertoire de travail et y copier les fichiers de données:

SITEDOYa.m00

Code du site

Jour de l'année

Numéro de session

- Ils sont en format binaire, dans un format propriétaire => conversion en format d'échange « RINEX » (**R**eceiver **I**Ndependent **E**Xchange).

Conversion binaire → rinex

- Avec le programme “teqc” (sous linux):

```
teqc -ash u -O.obs L1L2C1P2P1 -O.at ASH701975.01A  
-O.sl HANT 0.203 -0.043 -O.mo site +nav  
siteDOY0.YRn USITEAYR.DOY > siteDOY0.YRo
```

- HANT = hauteur d’antenne oblique (en mètres)
- DOY = jour de l’année (de 0 à 365/6)
- site = nom de code du site, 4 caractères
- Résultat = fichiers rinex (ascii)
 - siteDOY0.YRo = observations (phase + pseudodist.)
 - siteDOY0.YRn = paramètres orbitaux
- Visualiser les fichiers ascii (avec éditeur texte type vi, emacs, etc) et vérifier que les données sont ok.

Conversion binaire → rinex

- Avec le programme “teqc” (sous linux):

```
teqc -lei mdb -O.obs L1L2C1P2P1 -O.at LEIAS10  
-O.sl HANT 0.170 -0.041 -O.mo site +nav  
siteDOY0.YRn siteDOYa.m00 > siteDOY0.YRo
```

- HANT = hauteur d’antenne oblique (en mètres)
- DOY = jour de l’année (de 0 à 365/6)
- site = nom de code du site, 4 caractères
- Résultat = fichiers rinex (ascii)
 - siteDOY0.YRo = observations (phase + pseudodist.)
 - siteDOY0.YRn = paramètres orbitaux
- Visualiser les fichiers ascii (avec éditeur texte type vi, emacs, etc) et vérifier que les données sont ok.

Exemple de fichier RINEX

```
2.11 OBSERVATION DATA G (GPS) RINEX VERSION / TYPE
teqc 2013Mar15 ENS_GEO 20141004 13:49:06UTC PGM / RUN BY / DATE
OSX ker:10.8.0|Core 2 Duo|gcc 4.2 -m64|OSX ker:10.8.0+|=+ COMMENT
BIT 2 OF LLI FLAGS DATA COLLECTED UNDER A/S CONDITION COMMENT
gmsa MARKER NAME
gmsa MARKER NUMBER
ENS_GEO ENS_GEO OBSERVER / AGENCY
-Unknown- ASHTECH UZ-XII3 ZB00 REC # / TYPE / VERS
8807 ASH701975.01A ANT # / TYPE
4584293.7700 580421.9100 4381733.4100 APPROX POSITION XYZ
1.2538 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
1 1 WAVELENGTH FACT L1/2
5 L1 L2 C1 P2 P1 # / TYPES OF OBSERV
30.0000 INTERVAL
Forced Modulo Decimation to 30 seconds COMMENT
Version: Version: COMMENT
Project: A008__0515BAR__ COMMENT
SNR is mapped to RINEX snr flag value [0-9] COMMENT
L1 & L2: min(max(int(snr_dBHz/6), 0), 9) COMMENT
pseudorange smoothing corrections not applied COMMENT
2014 10 3 9 26 30.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER
```

En-tête avec notamment:

- Hauteur d'antenne
- Type d'antenne et de récepteur

```
14 10 3 9 26 30.0000000 0 7G21G18G16G31G29G27G25
9970224.84058 7771358.03357 21023631.541 21023627.5695 21023632.9655
9827407.06757 7668796.67556 24065298.468 24065296.8225 24065294.6565
9805093.33158 7659325.81057 22229795.160 22229792.2525 22229796.4525
10211704.12458 7951535.23957 22456204.444 22456203.6985 22456206.4375
10181679.00258 7907059.60857 21941936.945 21941933.8315 21941937.6905
9823601.97257 7665770.91556 24049199.357 24049200.2985 24049198.5455
10254493.51957 7954274.75156 24507672.225 24507676.1125 24507674.1585
14 10 3 9 27 0.0000000 0 7G21G18G16G31G29G27G25
9953546.92748 7758362.25247 21020458.576 21020453.9904 21020458.4754
9742777.77247 7602851.92046 24049193.215 24049190.6654 24049190.7714
9724067.61748 7596188.92847 22214377.000 22214374.2464 22214376.6414
10296189.62348 8017367.99047 22472282.891 22472280.9044 22472283.5164
10252237.76148 7962040.38947 21955362.473 21955361.5514 21955364.1084
9737199.92948 7598444.74947 24032756.483 24032758.1854 24032757.2334
10358240.97346 8035116.67446 24527411.335 24527419.1614 24527416.6484
```

Données:

- Par blocs, un par « époque » (= 30 secondes ici)
- 5 observables par satellite et par époque

Contrôle qualité

- Avec le programme “teqc” (sous linux), depuis le répertoire où se trouvent les fichiers rinex:

```
teqc +qc siteDOY0.YRo > siteDOY0.out
```

- Ouvrir le .out et vérifier qqs paramètres importants:
 - Durée d’observation: ~2 heures?
 - % d’observations obtenues: proche de 100%?
 - mp1, mp2 (bruit multitrajet, en mètres): 0.5—1?
 - Continuité des observations?

Exemple de sortie de teqc

```

SV+-----|-----|-----+ SV
16|Loooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 16
18|Looooom22-----| 18
 4|Loooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 4
 8|Loooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 8
22|Loooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo-----| 22
19|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 19
11|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 11
27|-----Loooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 27
 1|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 1
14|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 14
32|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 32
28|-----oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| 28
10|-----Loooooo| 10
 3|-----ooo| 3
-dn 44444444444456665554444443333322233333222333332233333322333333333334443221111 -dn
+dn 444444444555466655544444433333233333322333333333333333333333333334444222111 +dn
+10 9999999999aaccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc +10
Pos|oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo| Pos
Clk|-----|-----|-----+ Clk
11:21:30.000 13:33:00.000
2015 Oct 5 2015 Oct 5
...
...
...
first epoch last epoch hrs dt #expt #have % mp1 mp2 o/slps
SUM 15 10 5 11:21 15 10 5 13:33 2.200 30 3024 2135 71 0.70 0.63 2135

```


Derivation of multipath noise

- The GPS pseudorange measurements can be modeled as:

$$P1 = R + I1 + MP1$$

$$P2 = R + I2 + MP2$$

With: P1 = L1 pseudorange (m)
P2 = L2 pseudorange (m)
R = satellite-receiver geometric range (m)
I1 = L1 ionospheric delay
I2 = L2 ionospheric delay
MP1 = P1 multipath plus receiver noise (m)
MP2 = P2 multipath plus receiver noise (m)

- Similarly, the phase measurements can be modeled as:

$$L1 = R - I1 + mp1 + B1$$

$$L2 = R - I2 + mp2 + B2$$

with: L1 = L1 phase measurement (m)
L2 = L2 phase measurement (m)
B1 = L1 phase ambiguity (m)
B2 = L2 phase ambiguity (m)
mp1 = L1 phase multipath plus receiver noise (m)
mp2 = L2 phase multipath plus receiver noise (m)

- Phase noise is much smaller than pseudorange noise, therefore:

$$mp1 \ll MP1 \Rightarrow mp1 \approx 0$$

$$mp2 \ll MP2 \Rightarrow mp2 \approx 0$$

For numerical applications, use the following values:

$$f_1 = 1.57542 \times 10^9 \text{ Hz};$$

$$f_2 = 1.2276 \times 10^9 \text{ Hz};$$

$$c = 0.299792458 \times 10^9 \text{ m/s};$$

$$\lambda_1 = c/f_1;$$

$$\lambda_2 = c/f_2;$$

- Now let's combine (1) and (2) in order to find $MP1$: $P1 - L1 = 2I1 + MP1 - B1$
 $\Rightarrow MP1 - B1 = P1 - L1 - 2I1$

- We need to solve for $I1$. Let's combine $L1$ and $L2$ from (2): $L1 - L2 = I2 - I1 + B1 - B2$

- Now we have to deal with $I1$ and $I2$. We know that the ionospheric delay is proportional to the ionospheric electron content (IEC) and depends on the signal wavelength. It can be written as (see lecture notes):

$$I1 = \frac{A}{f_1^2} IEC \quad \Rightarrow \frac{I2}{I1} = \left(\frac{f1}{f2}\right)^2 = \alpha$$

$$I2 = \frac{A}{f_2^2} IEC$$

- Substituting (5) into (4) gives: $L1 - L2 = I1(\alpha - 1) + B1 - B2$

$$\Rightarrow 2I1 = \frac{2}{\alpha - 1}(L1 - L2) + \frac{2(B2 - B1)}{\alpha - 1}$$

- Now we can substitute $I1$ from (6) into (3) to get: $MP1 - B1 = P1 - L1 - \frac{2}{\alpha - 1}(L1 - L2) - \frac{2}{\alpha - 1}(B2 - B1)$

- We can rearrange (7) by putting all the constant terms on the right hand side:

$$MP1 - P1 + L1 + \frac{2}{\alpha - 1}(L1 - L2) = \frac{2}{\alpha - 1}(B2 - B1) + B1$$

$$\Rightarrow MP1 - P1 + \left(\frac{2}{\alpha - 1} + 1\right)L1 - \frac{2}{\alpha - 1}L2 = const.$$

- Since $MP1$ has a zero mean, we are only interested in the structure of $MP1$ over time, not in the constant DC bias term (constant for each given orbit arc). We can therefore compute the constant by averaging $MP1$ over a given orbit arc, and then subtract this average value from the $MP1$ values at each epoch. Consequently, after removing that bias, the pseudorange multipath noise can be written as (same derivation for $MP2$):

$$MP1 = P1 - \left(\frac{2}{\alpha - 1} + 1\right) \times L1 + \left(\frac{2}{\alpha - 1}\right) \times L2$$

$$MP2 = P2 - \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1}\right) \times L1 + \left(\frac{2\alpha}{\alpha - 1} - 1\right) \times L2$$

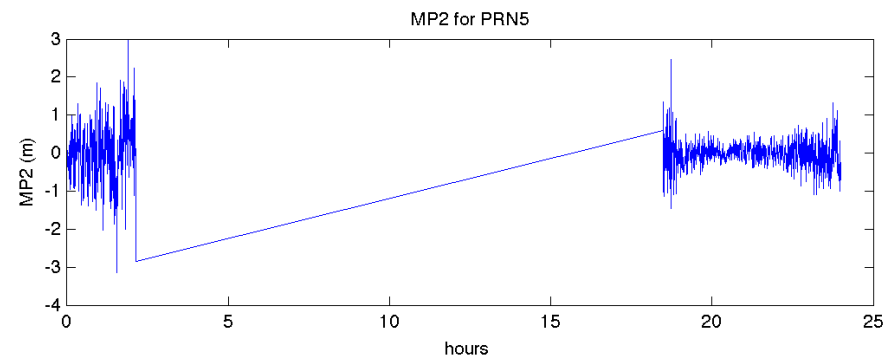
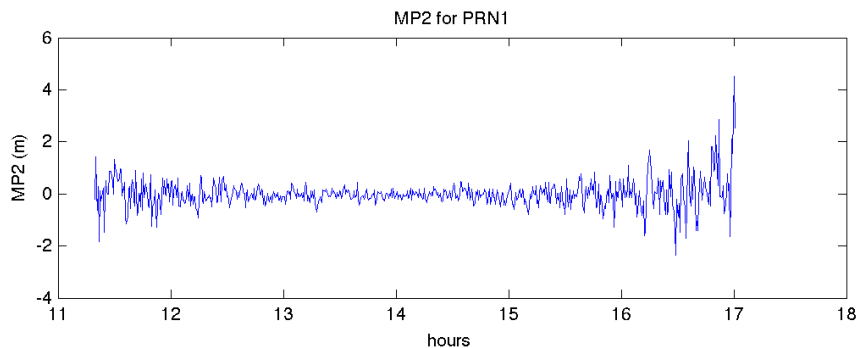
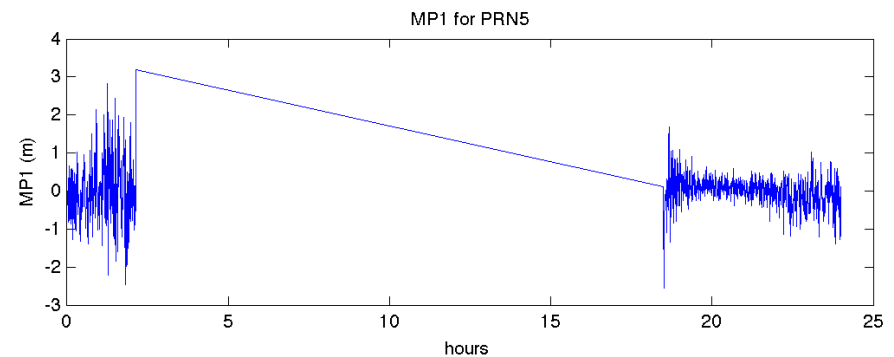
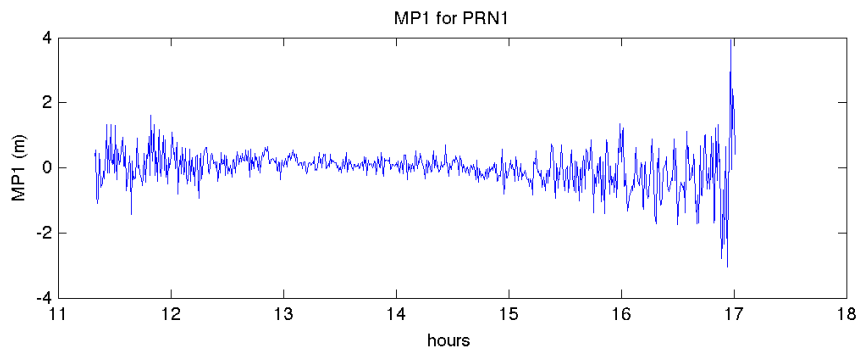
Bruit de multitrajet

- Le code matlab suivant calcule mp1/mp2 (nécessite `read_rinexo.m`):

```
[mp1,mp2,t,sv] = get_mp(rinex_file);
```

- Graphique avec (prn = numéro du satellite):

```
plot_mp(prn,mp1,mp2,t,sv)
```

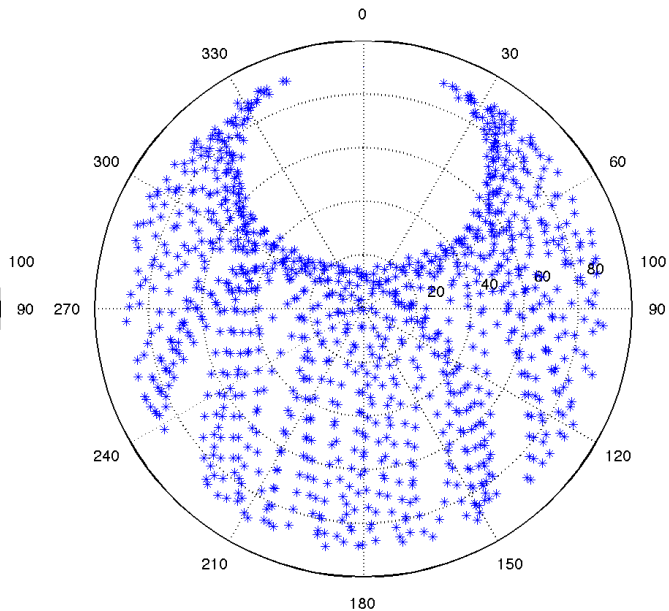
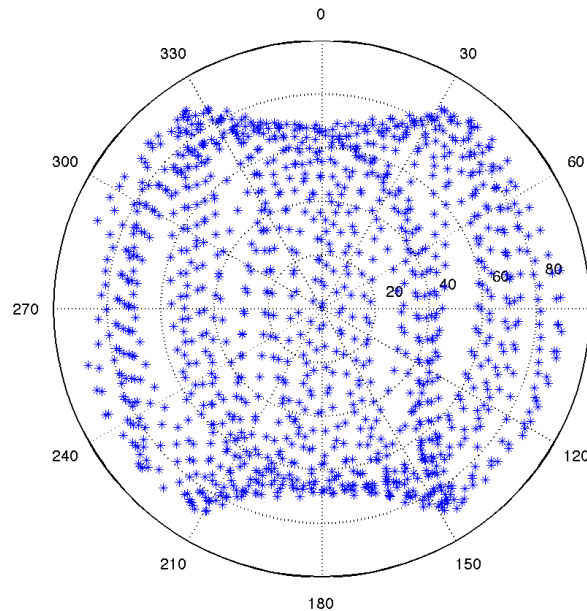
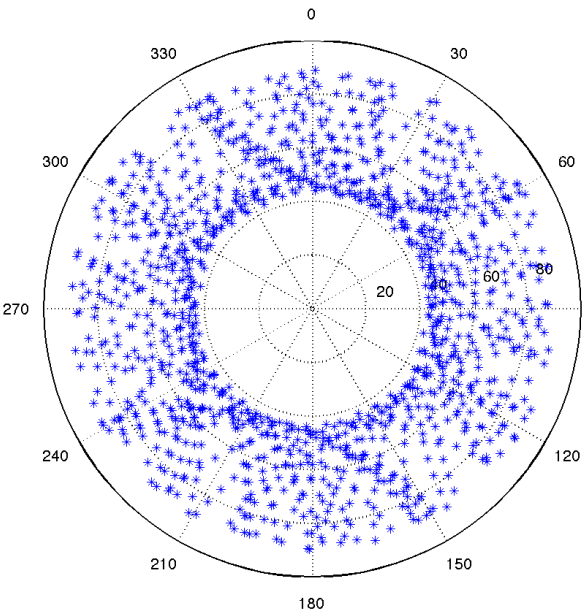


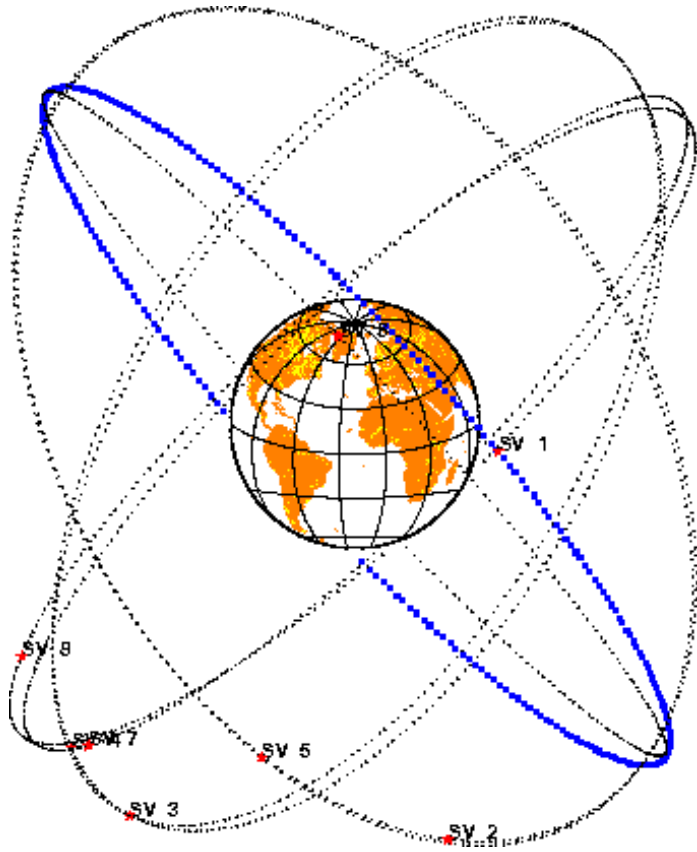
Skyplot

- Le code matlab suivant produit un « skyplot » de la position des satellites pour un site donné (nécessite: wgs2xyz.m, gpsdate.m, get_satpos.m, azelle.m, read_rinexn.m):

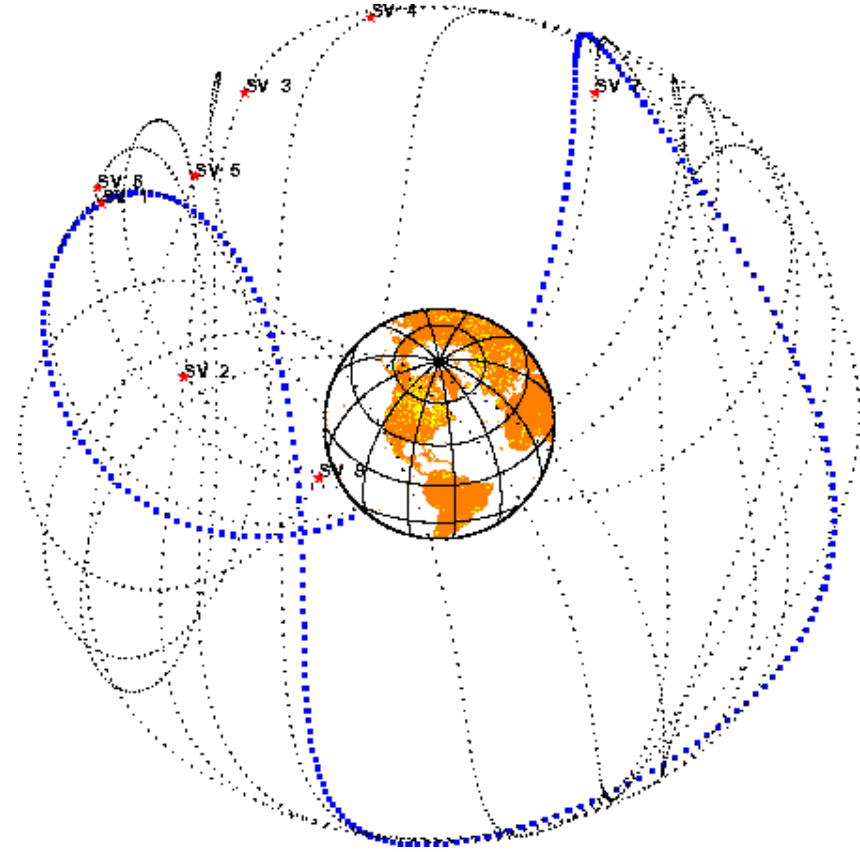
```
skyplot(eph_file,site_pos,cutoff,prn);
```

Inclinaison du plan orbital des satellites GPS?
Latitude de ces 3 sites?





Orbite GPS, repère inertiel



Orbite GPS, repère lié à la Terre

Des mesures GPS à une position

$$R_i^k = \sqrt{(X^k - X_i)^2 + (Y^k - Y_i)^2 + (Z^k - Z_i)^2} + c(h^k - h_i) + I_i^k + T_i^k + MP + \varepsilon \quad (+N)$$

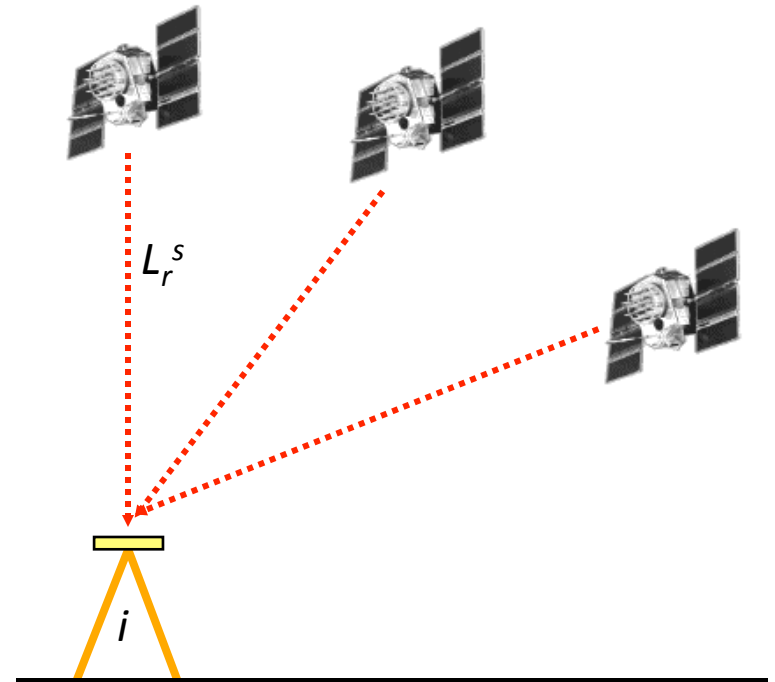
- Mesure de la distance satellite-récepteur:
 - À partir des codes : absolu mais peu précis
 - À partir de la phase : précis mais pas absolu
- Détermination des orbites :
 - A partir du message de navigation : temps réel mais peu précis
 - De l'IGS, calcul a posteriori : temps différé mais précis
- Linéarisation du terme quadratique avec développement de Taylor autour d'une position a priori
- Au moins 4 observables => au moins 4 équations
- Les termes restants :
 - Horloges : modélisées ou éliminées par doubles différences
 - Propagation ionosphérique: mesures bi-fréquences ou lignes de base courtes
 - Propagation troposphérique: estimée ou lignes de base courtes
 - Ambiguïtés de phase : estimées

Positionnement ponctuel précis

Observable traitée = simple trajets satellites-récepteur L_r^s

Méthode dite « PPP »

- ⇒ Apparemment plus simple, mais estimation de $h_r(t)$ pas toujours aisée.
- ⇒ Ne tire pas avantage du fait que certaines erreurs sont corrélées entre sites proches.
- ⇒ Calcul très rapide.
- ⇒ Pas besoin de station de référence pour l'utilisateur

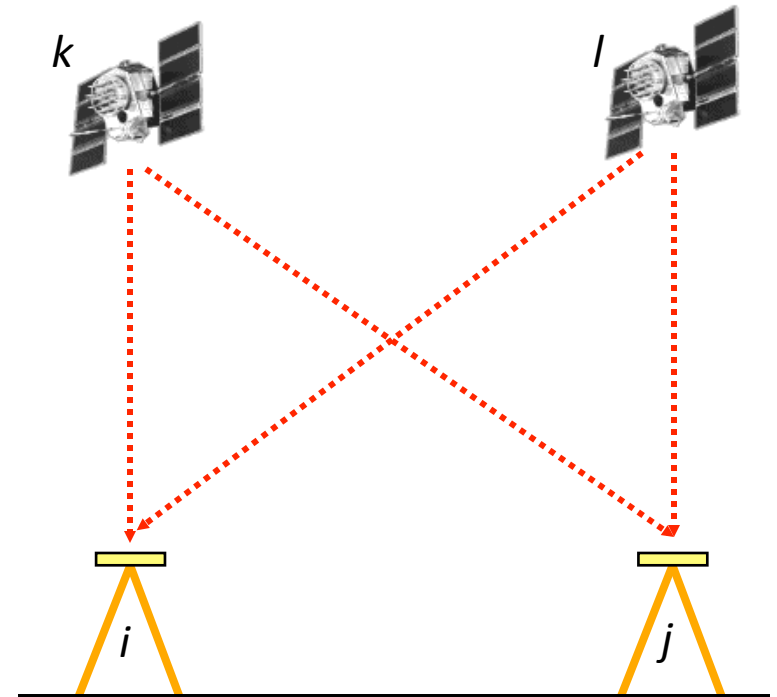


Doubles différences

Observable traitée = différence des observables de phase entre 2 sat. (k,l) et 2 réc. (i,j) :

$$\begin{aligned}L_{ij}^{kl} &= (L_i^k - L_i^l) - (L_j^k - L_j^l) \\ &= (\rho_i^k - \rho_i^l - \rho_j^k + \rho_j^l) - c(h^k - h_i - h^l + h_j - h^k + h_i + h^l - h_j) - \lambda(N_i^k - N_i^l - N_j^k + N_j^l) \\ &= \rho_{ij}^{kl} - \lambda N_{ij}^{kl}\end{aligned}$$

- ⇒ Les biais d'horloge $h^s(t)$ et $h_r(t)$ sont éliminés (mais le nombre d'observations a diminué)
- ⇒ Les erreurs communes aux récepteurs i et j s'annulent aussi (en partie):
 - Les erreurs dues à la réfraction atmosphérique (tropo+iono) sont minimisées si les récepteurs sont suffisamment proches.
 - Les lignes de base courtes sont donc plus précises que les longues.
- ⇒ Temps de calcul très supérieur au PPP
- ⇒ Il faut des stations de référence



Traitement des données

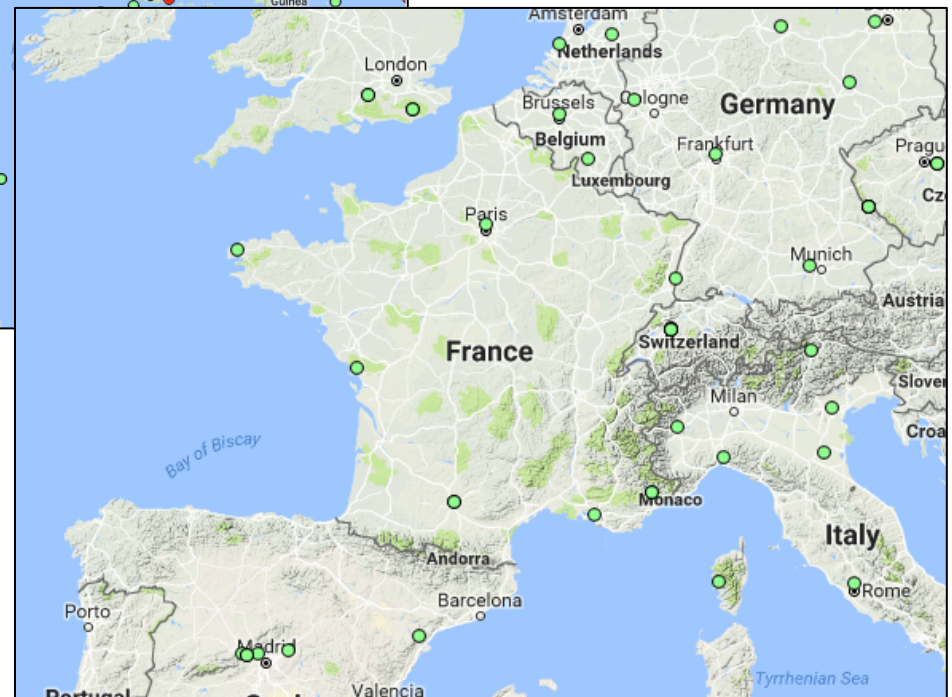
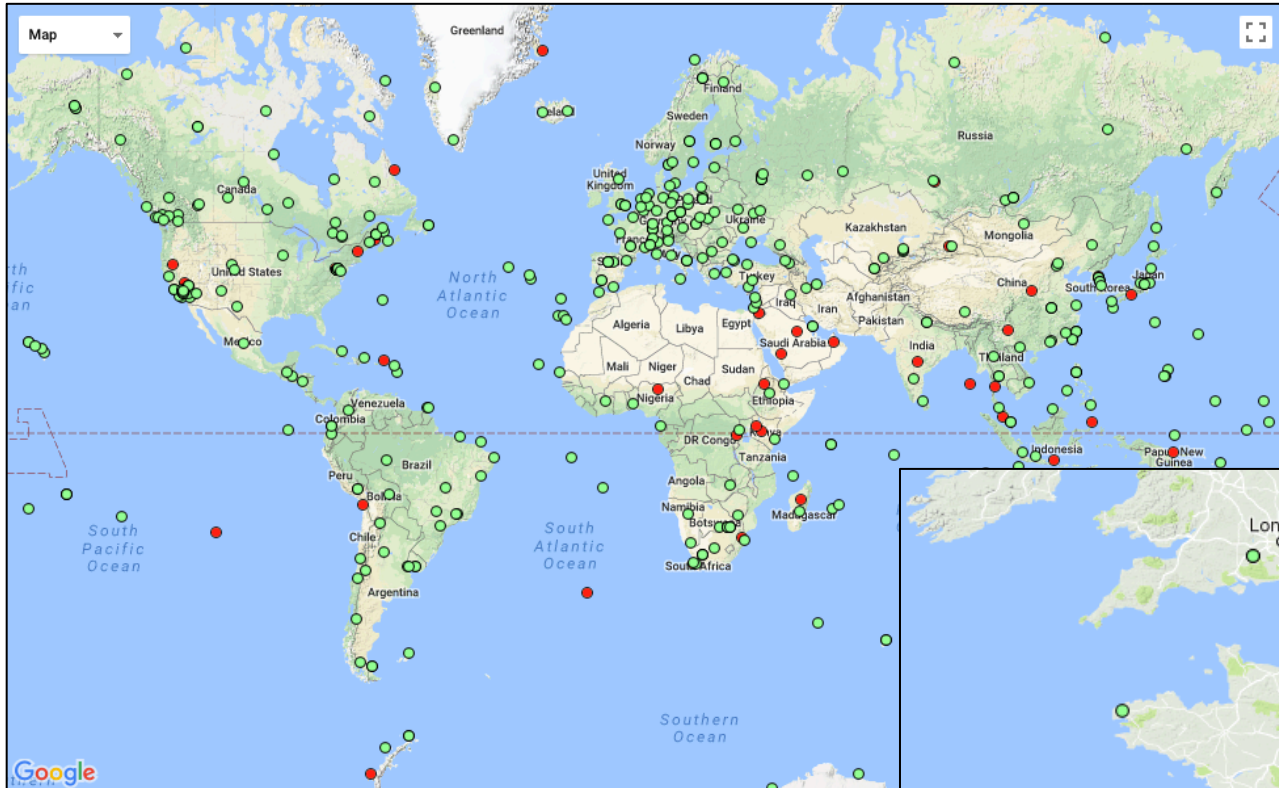
1. Avec « Ashtech Solution »:
 - Sous Windows
 - Calcul en réseau avec données « doubles différences »
 - ⇒ Erreurs troposphériques minimisées
 - ⇒ Station de référence?
 - ⇒ Orbites précises (ultra-rapides) nécessaires (fichier sp3 à télécharger)
2. En utilisant un serveur (liste sur diapo suivante):
 - SIO: calcul en réseau avec données « doubles différences »
 - Les autres: calcul en point isolé (PPP) avec données « simples trajets »
3. Avec un logiciel de recherche:
 - Gamit (développé à MIT)
 - Calcul en réseau en « doubles différences », orbites précises, stations de références, etc...

(A! min. rinex length 2 h)

Serveurs de calcul automatique

- NASA/Jet Propulsion Laboratory (USA) :
 - PPP
 - <http://apps.gdgps.net> , ecalais
- Ressources Naturelles Canada :
 - PPP
 - <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>
 - Fournit un pdf avec beaucoup d'informations sur le calcul
 - User eric.calais@ens.fr, password ensgeosciences
- Scripps Institution of Oceanography, Univ California San Diego (USA) :
 - Réseau (doubles différences)
 - <http://sopac.ucsd.edu/cgi-bin/SCOUT.cgi>
- OPUS, National Geodetic Survey (USA) :
 - Réseau, nécessite au moins 2 heures de données
 - <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/>
- GAPS, University of New Brunswick (Canada) : (erreurs en 2014)
 - <http://gaps.gge.unb.ca>
 - Nouvelle version en 2015 => beaucoup d'options, intéressant
- MagicGNSS (GMV Aeropsace and Defense, Spain) : (non maintenu?)
 - <http://magicgnss.gmv.com>
 - user ens, password ensgeosciences

Stations GPS permanentes globales



Stations GPS permanentes régionales

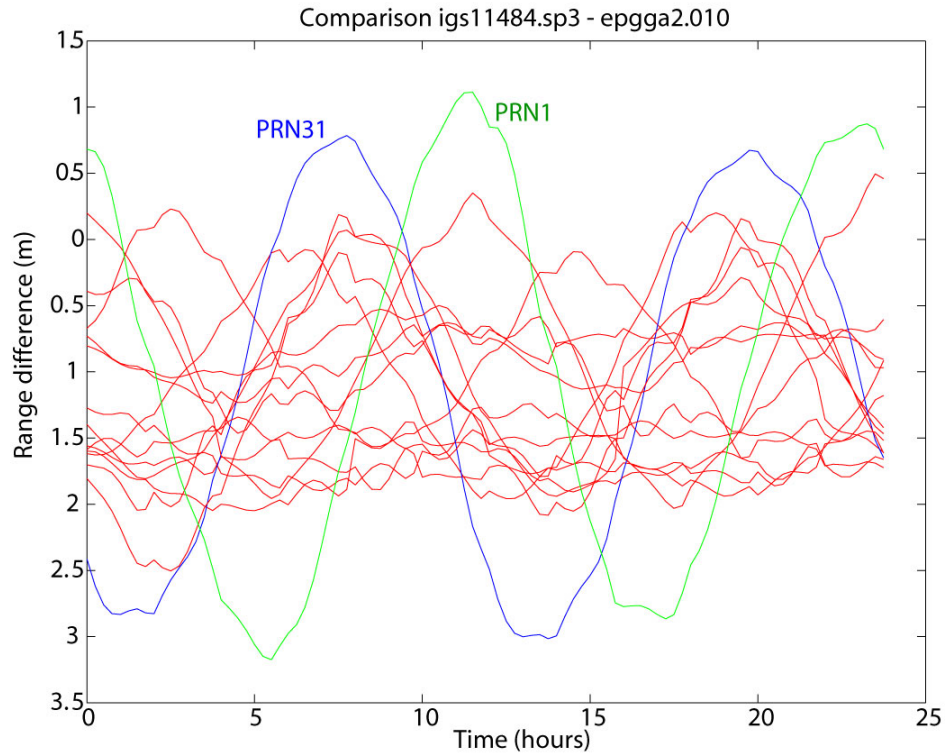


**Station la plus
proche:
GRAS**

ITRF2008	X (m)	Y (m)	Z (m)	Xdot (m/yr)	Xdot (m/yr)	Xdot (m/yr)	epoch
GRAS	4581690.90019	556114.83607	4389360.79692	-0.01331	0.01878	0.01197	2005.0

WGS84/276-2014	Latitude	Longitude	Hauteur (m)
GRAS	N43 45 17.06120 E	6 55 14.07225	1319.3131

Les orbites GPS

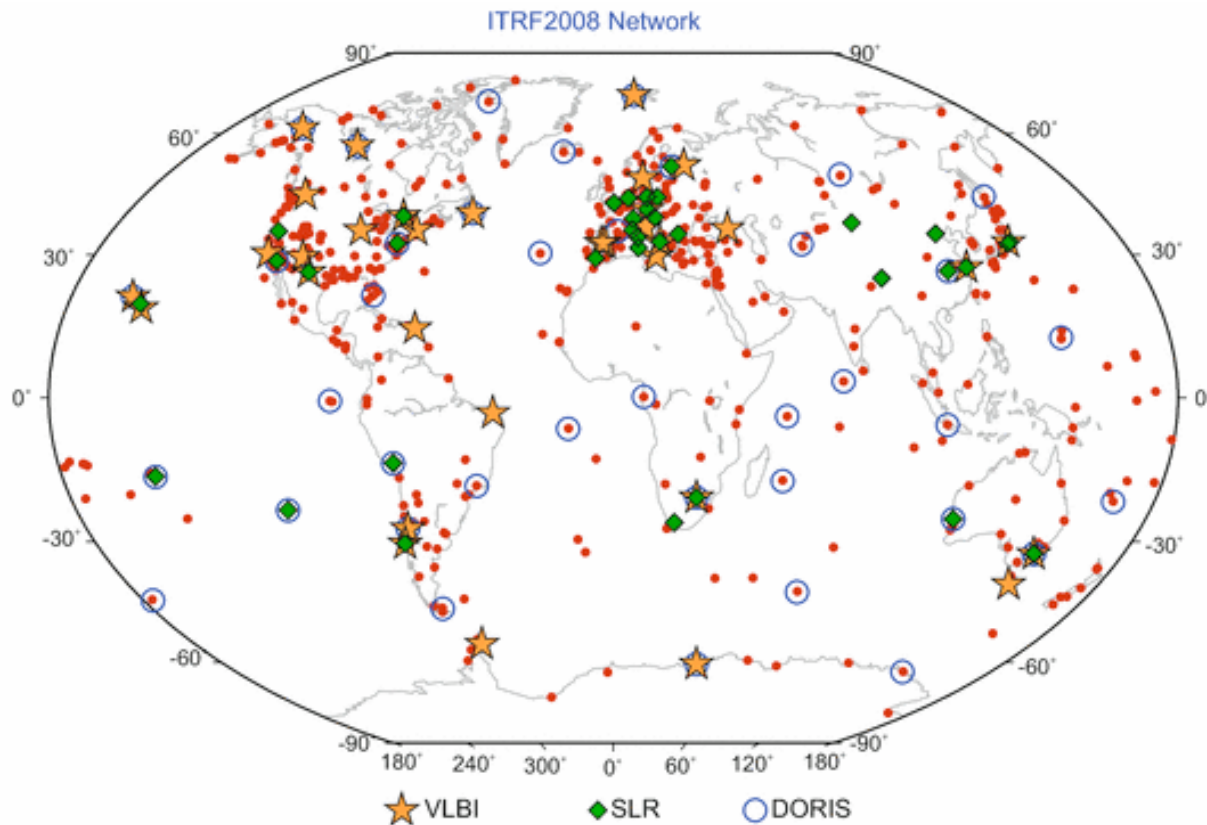


Orbits Type	Accuracy/clock accuracy	Latency	Updates	Sample interval
Broadcast	~100 cm / ~5 ns	Real-time		daily
Final	~2.5 cm / ~75 ps	14 days	Weekly	15 min
Rapid	~2.5 cm / ~150 ps	17 hours	Daily	15 min
Ultra-rapid	~5 cm / ~3 ns	Real-time	4 times daily	15 min

NAVIGATION

SP3

Le système de référence



ITRF2008 STATION POSITIONS AT EPOCH 2005.0 AND VELOCITIES
IGS STATIONS

DOMES NB.	SITE NAME	TECH. ID.	X/Vx	Y/Vy	Z/Vz	Sigmas	SOLN	DATA_START	DATA_END
			-----m/m/y-----						
10001S006	Paris	GNSS OPMT	4202777.371	171367.999	4778660.203	0.001 0.001 0.001			
10001S006			-.0125	0.0178	0.0107	.0001 .0000 .0001			
10002M006	Grasse (OCA)	GNSS GRAS	4581690.901	556114.831	4389360.793	0.001 0.001 0.001	1	00:000:00000	03:113:00000
10002M006			-.0133	0.0188	0.0120	.0001 .0000 .0001			
10002M006	Grasse (OCA)	GNSS GRAS	4581690.900	556114.837	4389360.793	0.001 0.001 0.001	2	03:113:00000	04:295:43200
10002M006			-.0133	0.0188	0.0120	.0001 .0000 .0001			
10002M006	Grasse (OCA)	GNSS GRAS	4581690.900	556114.836	4389360.797	0.001 0.001 0.001	3	04:295:43200	00:000:00000
10002M006			-.0133	0.0188	0.0120	.0001 .0000 .0001			
10003M004	Toulouse	GNSS TOUL	4627846.029	119629.333	4372999.818	0.001 0.001 0.001			
10003M004			-.0114	0.0193	0.0121	.0001 .0000 .0001			
10003M009	Toulouse	GNSS TLSE	4627851.831	119640.017	4372993.553	0.001 0.001 0.001	1	00:000:00000	03:335:00000
10003M009			-.0114	0.0193	0.0121	.0001 .0000 .0001			
10003M009	Toulouse	GNSS TLSE	4627851.828	119640.020	4372993.552	0.001 0.001 0.001	2	03:335:00000	00:000:00000
10003M009			-.0114	0.0193	0.0121	.0001 .0000 .0001			

Serveurs de données

- Orbites précises (prédites, rapides, finales):
 - igs [igs.cb.jpl.nasa.gov igs.cb.jpl.nasa.gov/product/WEEK]
 - sio [garner.ucsd.edu [/pub/products/WEEK](http://garner.ucsd.edu/pub/products/WEEK)]
 - ign [igs.ensg.ign.fr [/pub/igs/products/WEEK](http://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/products/WEEK)]
 - cdd [cddis.gsfc.nasa.gov [/pub/gps/products/WEEK](http://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/WEEK)]
- Fichiers de navigation:
 - sio [garner.ucsd.edu [/pub/rinex/YEAR/DAY](http://garner.ucsd.edu/pub/rinex/YEAR/DAY)]
 - ign [igs.ensg.ign.fr [/pub/igs/data/YEAR/DAY](http://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/data/YEAR/DAY)]
 - cdd [cddis.gsfc.nasa.gov [/gps/data/daily/YEAR/DAY/YRn](http://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/YEAR/DAY/YRn)]
- Stations de référence:
 - sio [garner.ucsd.edu [/pub/rinex/YEAR/DAY](http://garner.ucsd.edu/pub/rinex/YEAR/DAY)]
 - ign [igs.ensg.ign.fr [/pub/igs/data/YEAR/DAY](http://igs.ensg.ign.fr/pub/igs/data/YEAR/DAY)]
 - rgp [rgpdata.ign.fr [/pub/data/YEAR/DAY/data_30](http://rgpdata.ign.fr/pub/data/YEAR/DAY/data_30)]
 - renag [renag.unice.fr [/data/YEAR/DAY](http://renag.unice.fr/data/YEAR/DAY)]

Quelques “astuces”

- Téléchargement via ftp:

```
ftp igs.ens.ign.fr
ftp> cd /pub/igs/data/2018/278
ftp> get gras2780.18d.Z
ftp> quit
```
- Décompression d'un fichier .Z → utiliser `uncompress` ou `gunzip`
- Conversion ded.Z ào avec `crz2rnx` – à télécharger depuis <http://terras.gsi.go.jp/ja/crx2rnx.html>
- Pour Ashtech Solutions, enlever les observables “modernes”:

```
> teqc -O.obs L1L2P1P2C1 gras2780.18o > toto
> mv toto gras2780.18o
```
- Etc...

Matricule :

II' - 255

Système d'altitude : NGF-IGN 1969

496,737 m

ALTITUDE NORMALE

Altitude normale

Année de dernière détermination : 1975

Repère vu en place en 2002

Type : M REPERE CYLINDRIQUE DU NIVELLEMENT GENERAL

Complément :

Système : RGF93 - Ellipsoïde : IAG GRS 1980 - Méridien origine : GREENWICH

Longitude (dms) : **7° 06' 18" E** Latitude (dms) : **44° 05' 00" N**

Système : RGF93 - Projection : LAMBERT-93

E (km) : **1028.61** N (km) : **6340.14**

Département : ALPES-MARITIMES Numéro INSEE : 06129 Commune : SAINT-SAUVEUR-SUR-TINEE

Voie suivie : D.2205

de : ISOLA à : BANCAIRON

Coté : Droit PK : 24,35 km Distance : -

Localisation : A "SAINT-SAUVEUR-SUR-TINEE"

Support : MAIRIE

Partie support : MUR DE FACADE, FACE ROUTE

Repèrments : A L'AXE

A 0.46 M AU-DESSUS DU SOL

Remarques : Exploitable par GPS depuis une station excentrée



Le repère est au centre de la photo



Carte : 3641 PUGET-THENIERS

<http://geodesie.ign.fr/fiches/>

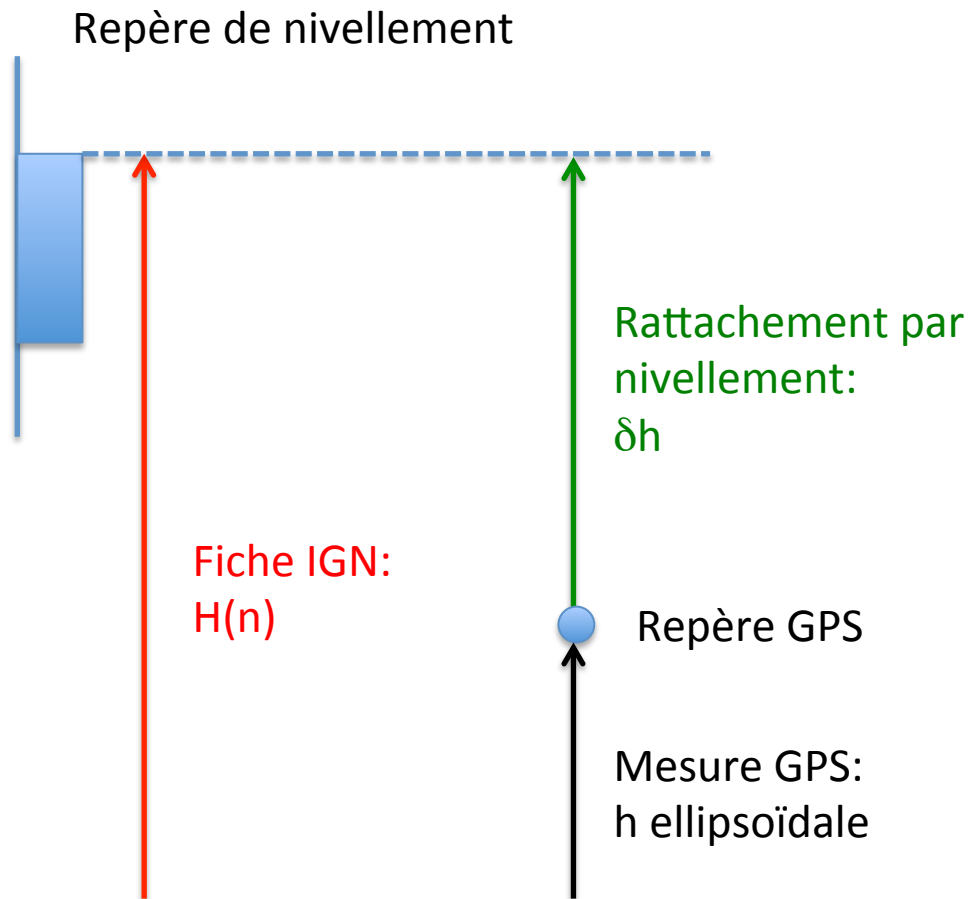
Altitudes normales et orthométriques

- Une grille de corrections orthonormales (= différence entre les altitudes orthométriques NGF-Lallemand et normales NGF-IGN69) est fournie par l'IGN.
- Les valeurs sont données en centimètres.
- Une valeur moyenne C par carte au 50000^{ème} telle que:

$$H^{(o)} + C = H^{(n)}$$



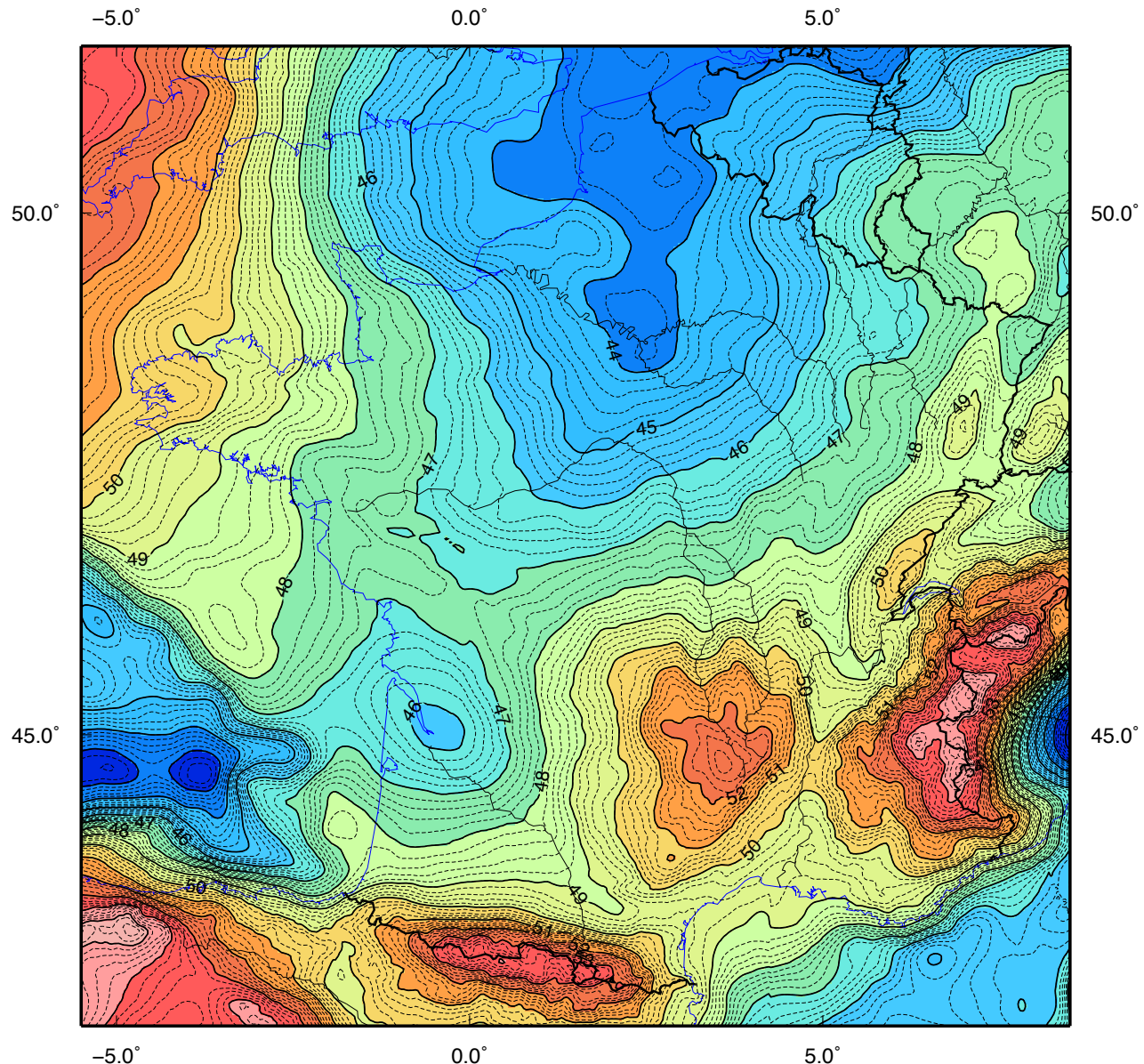
Du GPS au géoïde



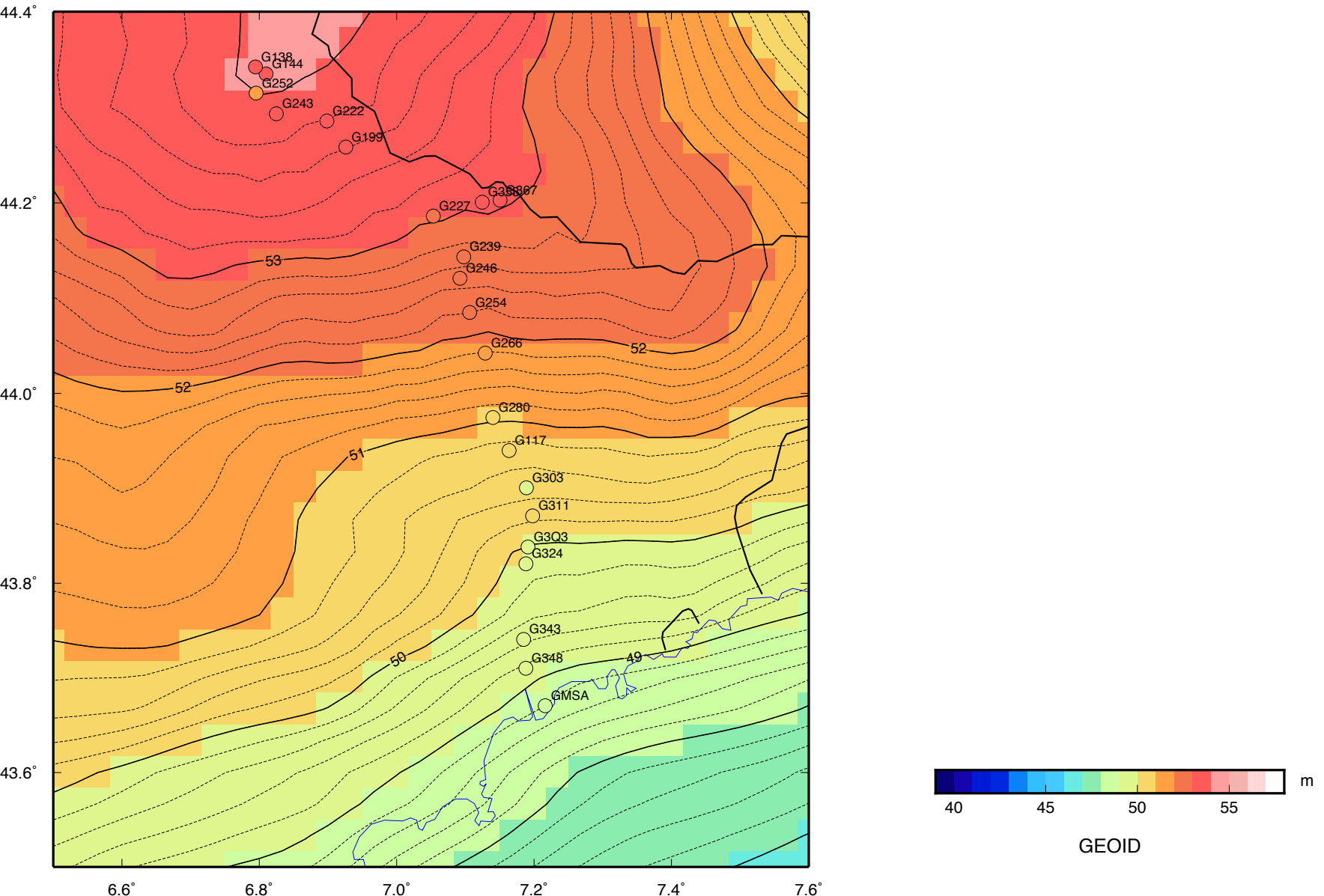
$$N = h + \delta h - H(o)$$

$$N = h + \delta h - (H(n) - C)$$

Grille de conversion altimétrique RAF09



RAF09 dans le sud-est



Glossaire GPS

- Doubles différences
- PPP
- RINEX
- SP3
- Orbites radiodiffusées
- Phases/codes
- Délai troposphérique
- Délai ionosphérique
- Bifréquence
- ITRF
- Coordonnées
- Hauteur ellipsoïdale