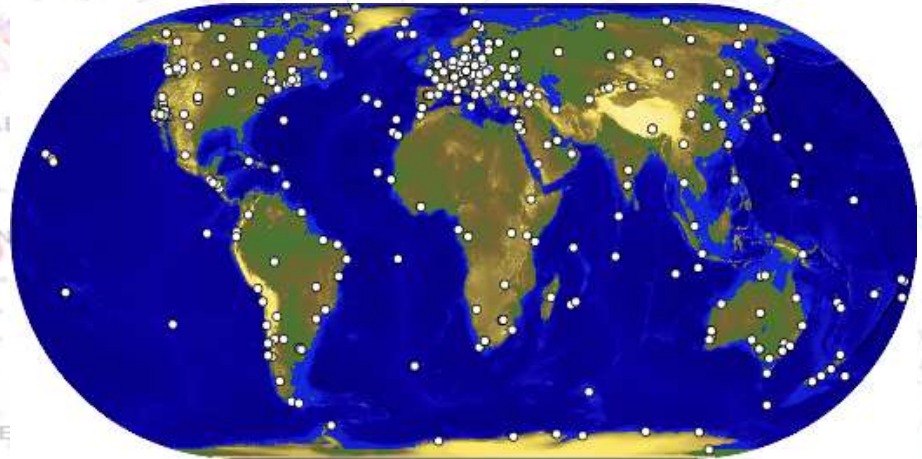
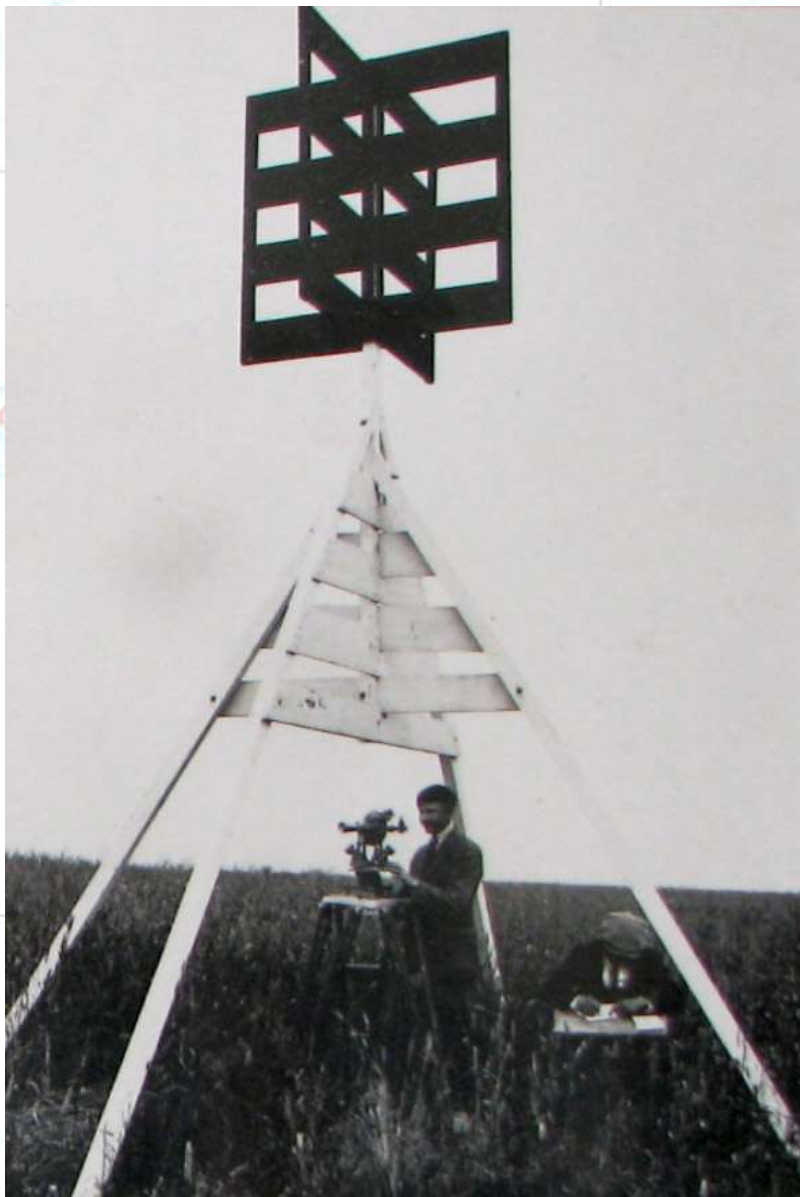


L'évolution des références géodésiques

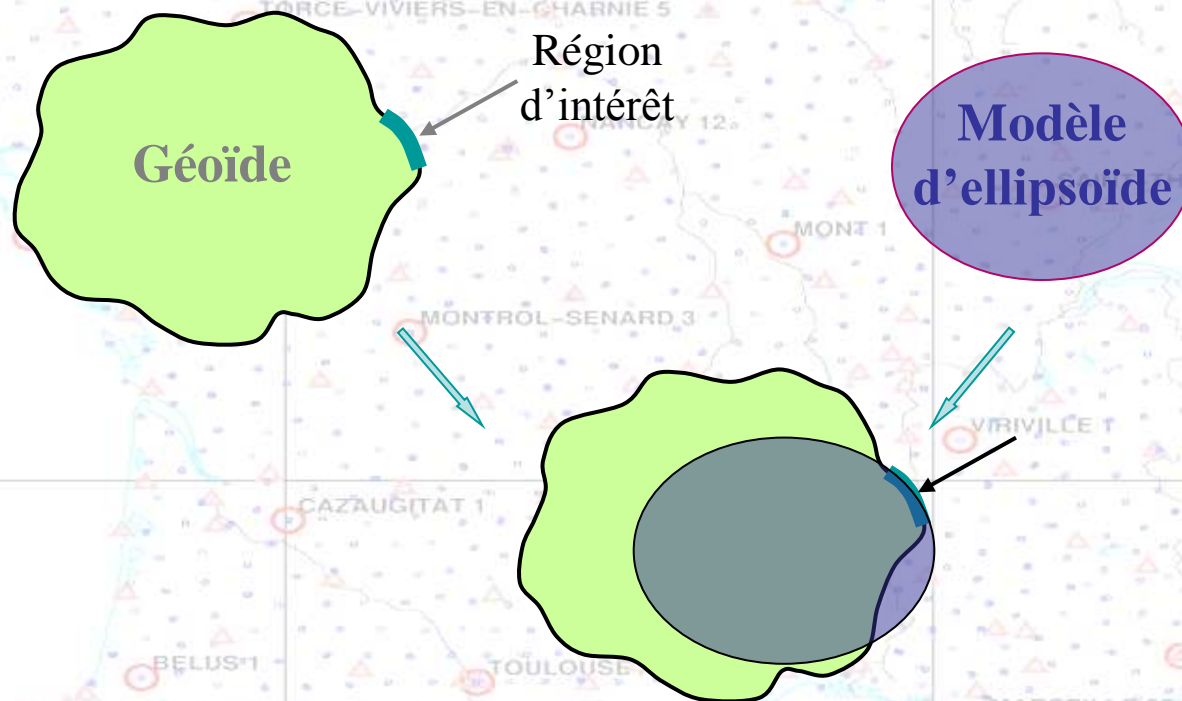


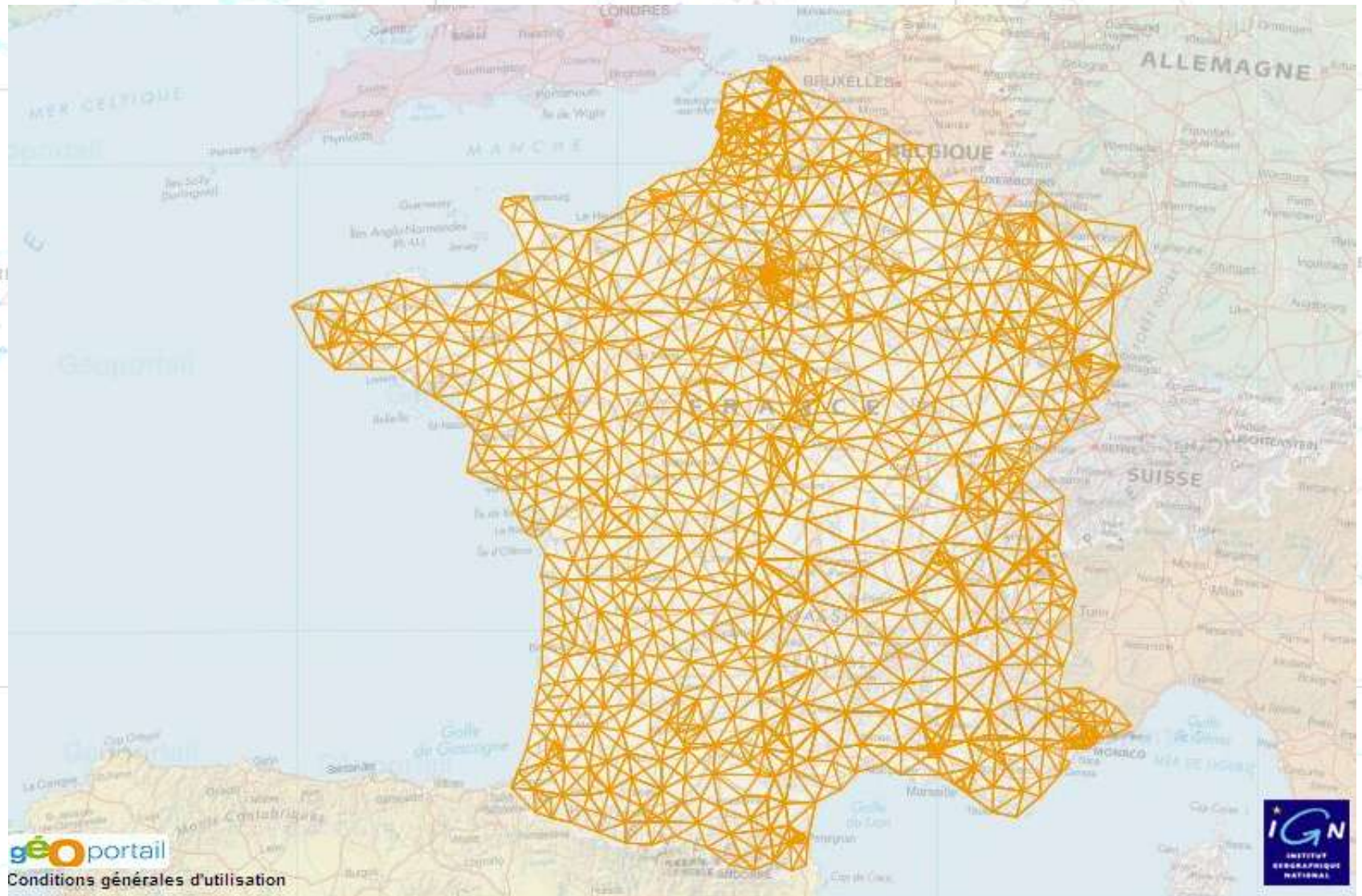
de la NTF au RGF...

Alain HARMEL
Institut géographique national
Service de géodésie et nivellement



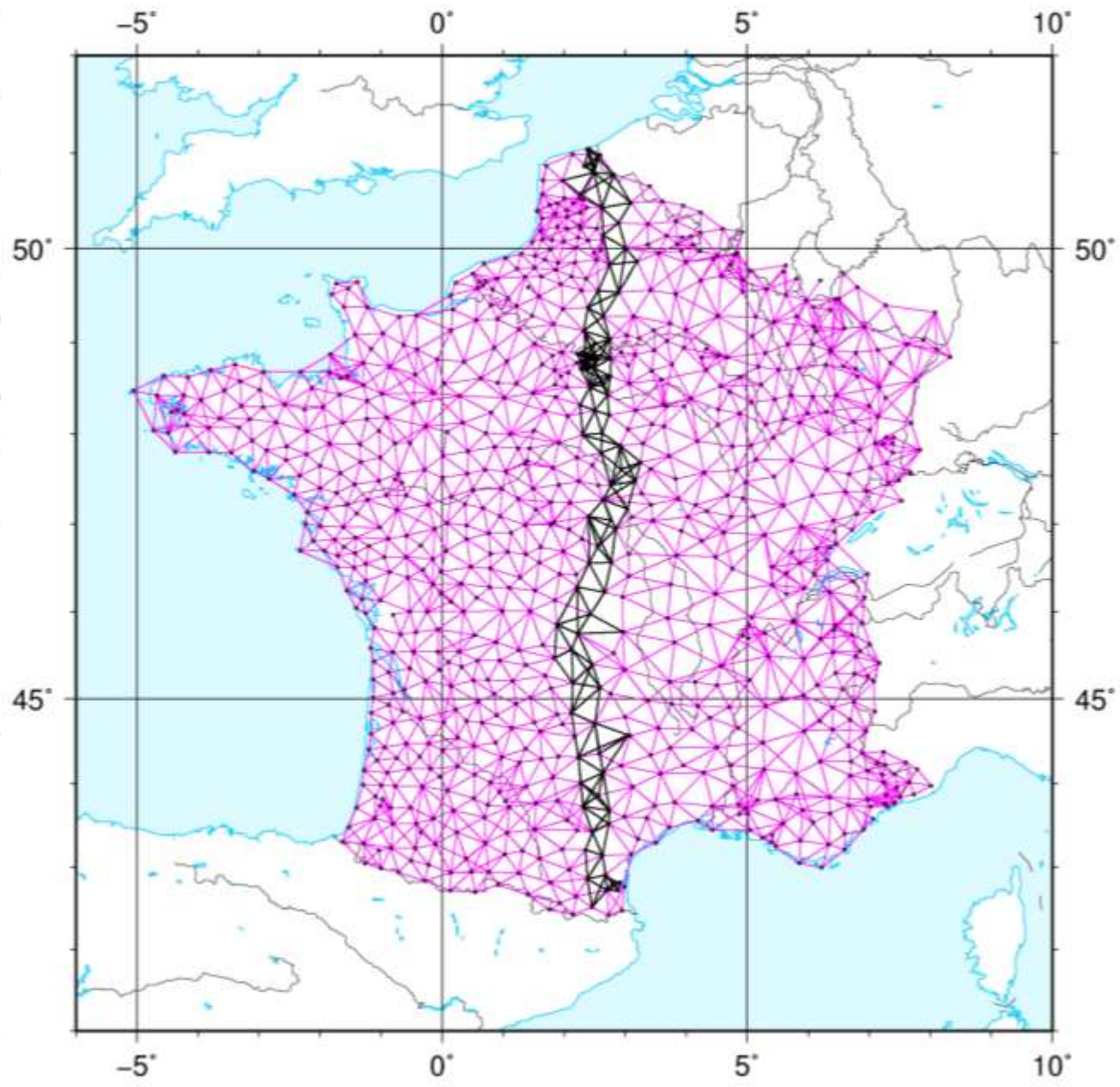
SYSTEME GEODESIQUE « LOCAL »





La Nouvelle Triangulation de la France

SAINTE-INGLEVERT 1



BREST 7

LOFONTAINE 5

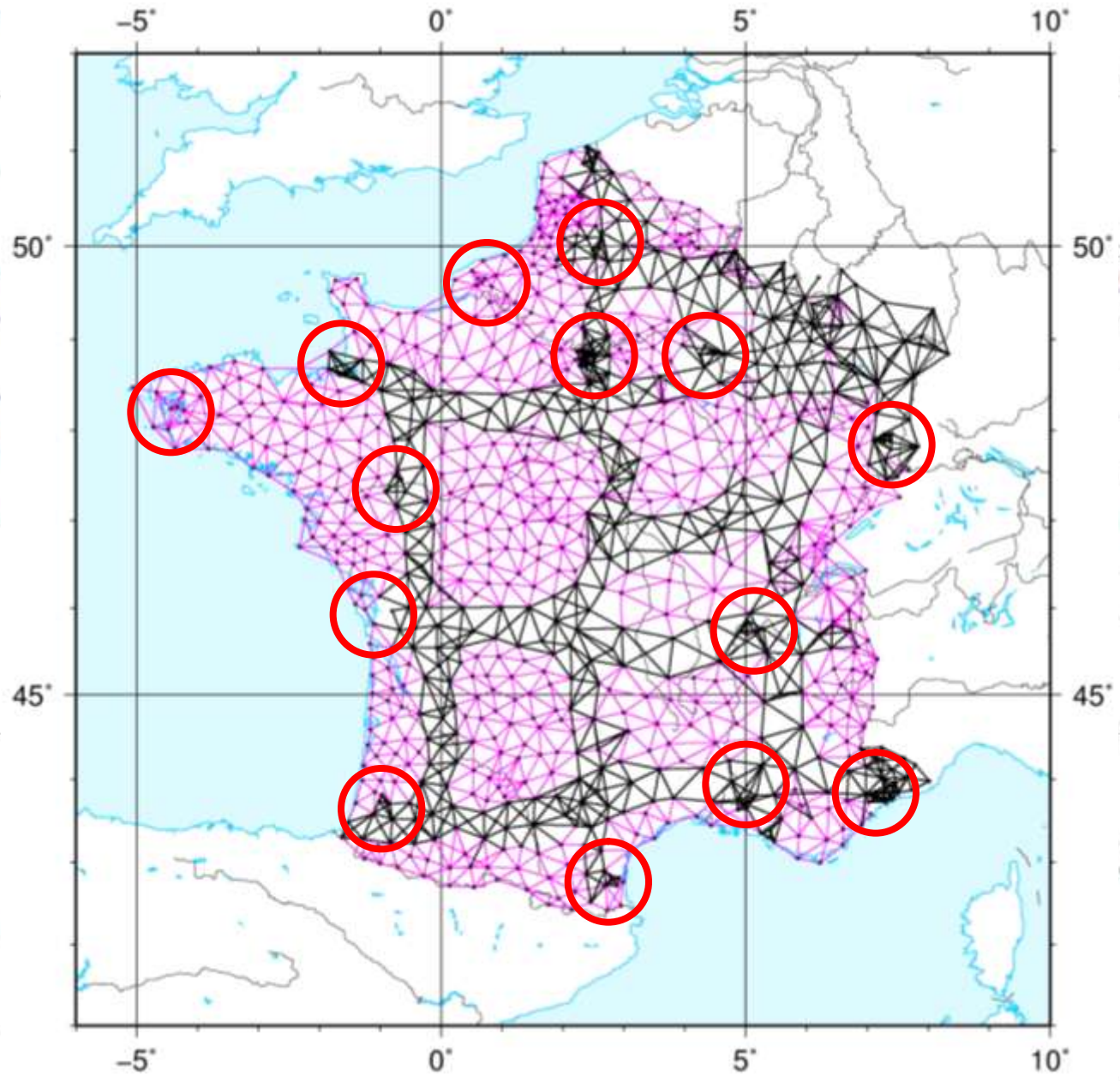
LS 3

FURIANI 1

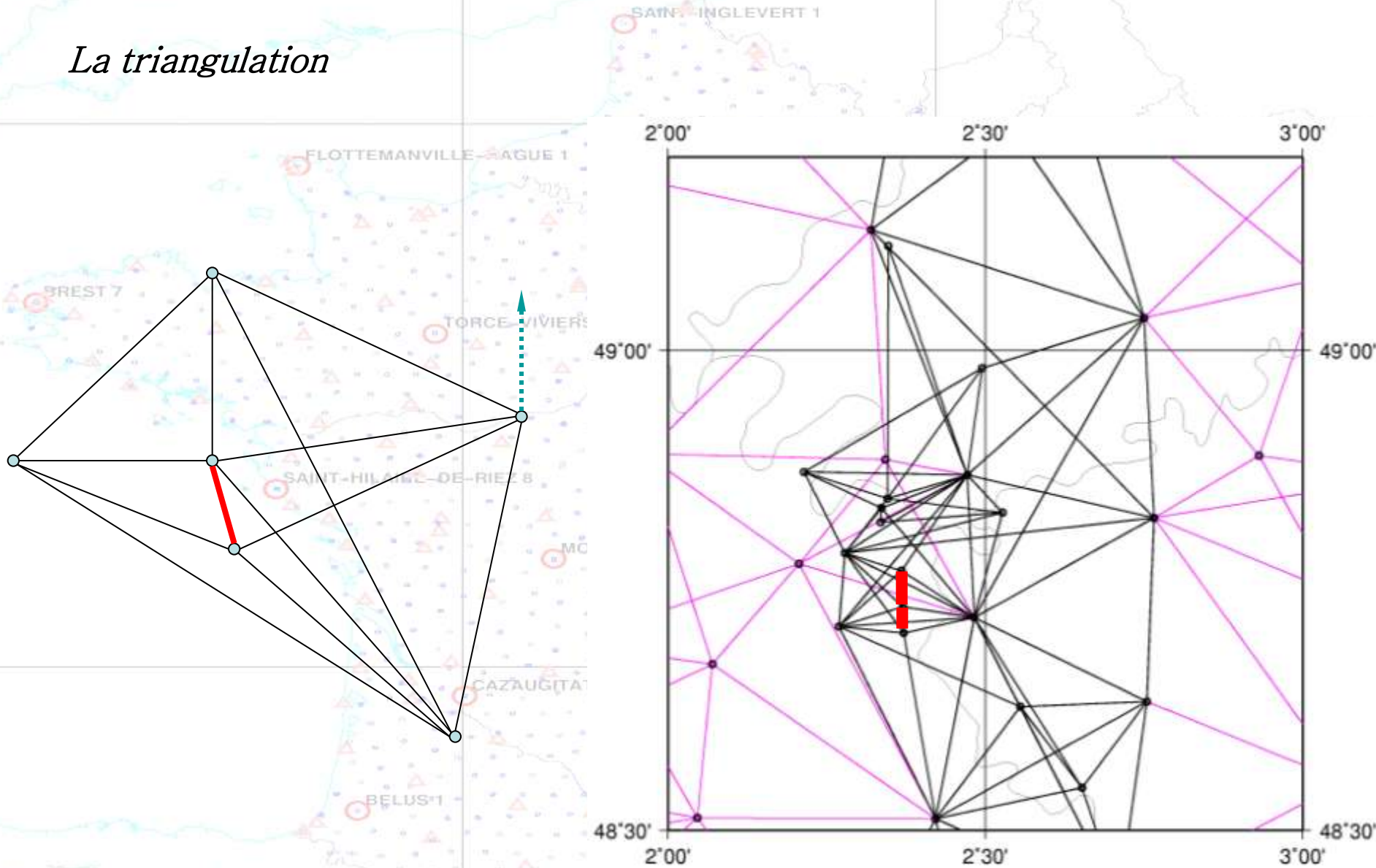
IACCIO 9



SAINTE-INGLEVERT 1



La triangulation



PARIS Panthéon





BASE DE PARIS TERME SUD

SAIN-INGLEVERT 1



2005. 4. 26 15:11

SALSES-LE-CHATEAU 7

FURIANI 1

AJACCIO 9



6000701 (CLERMONT)

VEDDUN I (CULAN)





Et des calculs...



(après 1970)

Systeme en usage en France : la NTF

Jusqu'en 2000, le système géodésique utilisé en France métropolitaine est le système NTF (« Nouvelle Triangulation de la France »)

Systeme de référence :

- bidimensionnel
- Point fondamental : Paris-Panthéon
- Ellipsoïde : CLARKE 1880 IGN
 - a = 6 378 249.2 m
 - b = 6 356 515.0 m
- Méridien origine Paris-Observatoire(2°20'14.025" E de Greenwich)

Systeme de coordonnées :

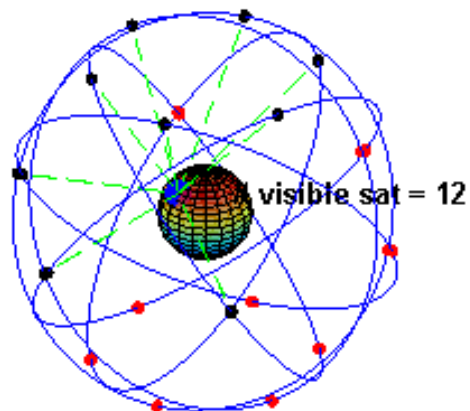
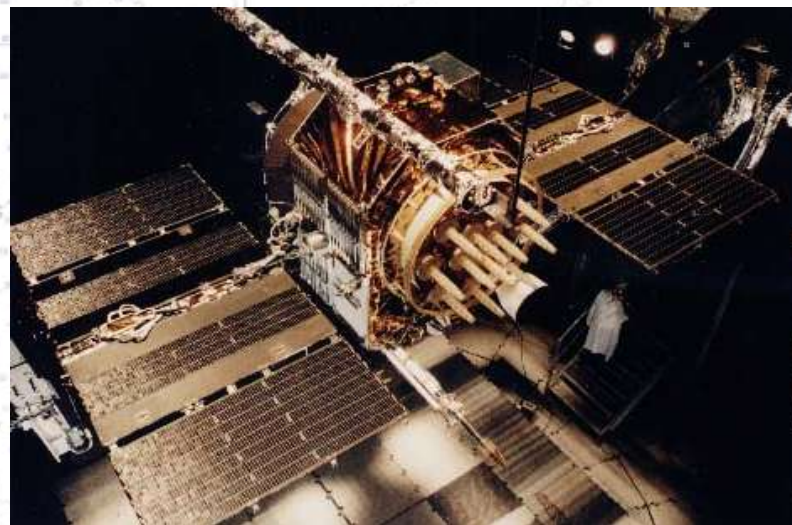
- longitudes, latitudes en grades
- Projection : X, Y Lambert I, II, III et IV

Accès :

- Réseau de 80 000 points (en quatre ordres de précision équivalente)
- **Précision : 10^{-5} (soit 1cm par km)**

1970's 2000's ...

L'ère spatiale



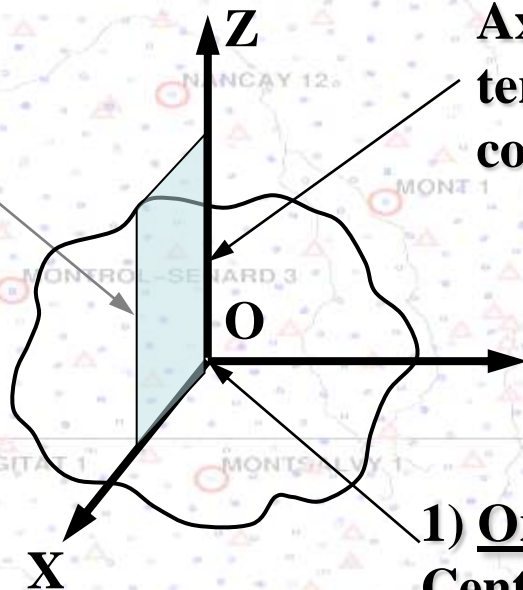
Systeme de référence géocentrique

3) Axe OX
tel que XOZ
parallèle au
Plan méridien
du BIH
(Bureau
International
de l'Heure)

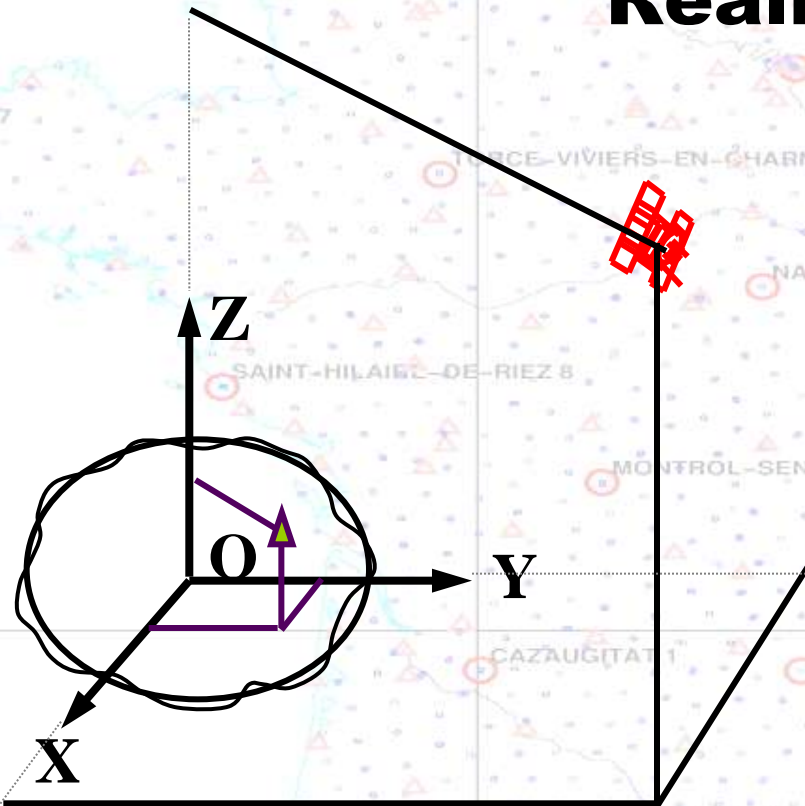
2) Axe OZ
Axe de rotation
terrestre
conventionnel (CIO)

4) Axe OY
Y OXYZ = trièdre direct

1) Origine O
Centre de masse
de la Terre

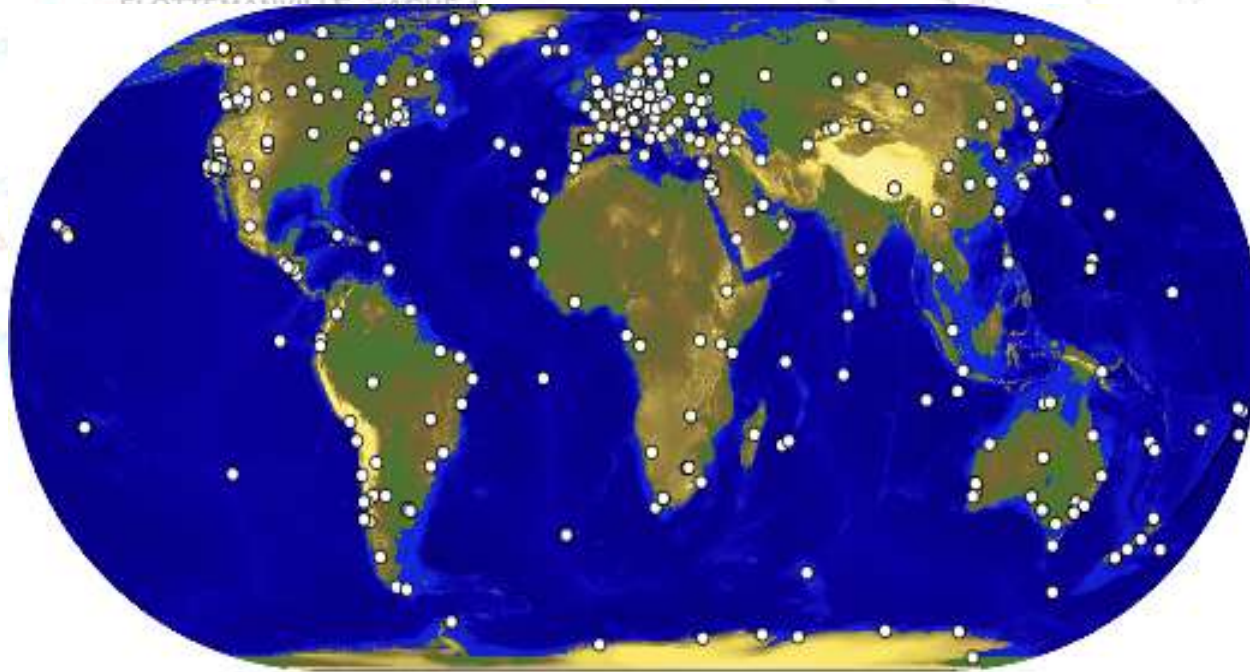


Systeme de référence géocentrique : Réalisation



- Une réalisation est obtenue par la connaissance de coordonnées de points matériels
 - *points géodésiques (réseaux)*
 - *satellites GPS*
- Le réseau scientifique ITRF est une réalisation de haute précision (1 cm)
- Le couplage avec des stations GPS permanentes (IGS) rend son accès commode et fiable.

RESEAU IGS (International GNSS Service)

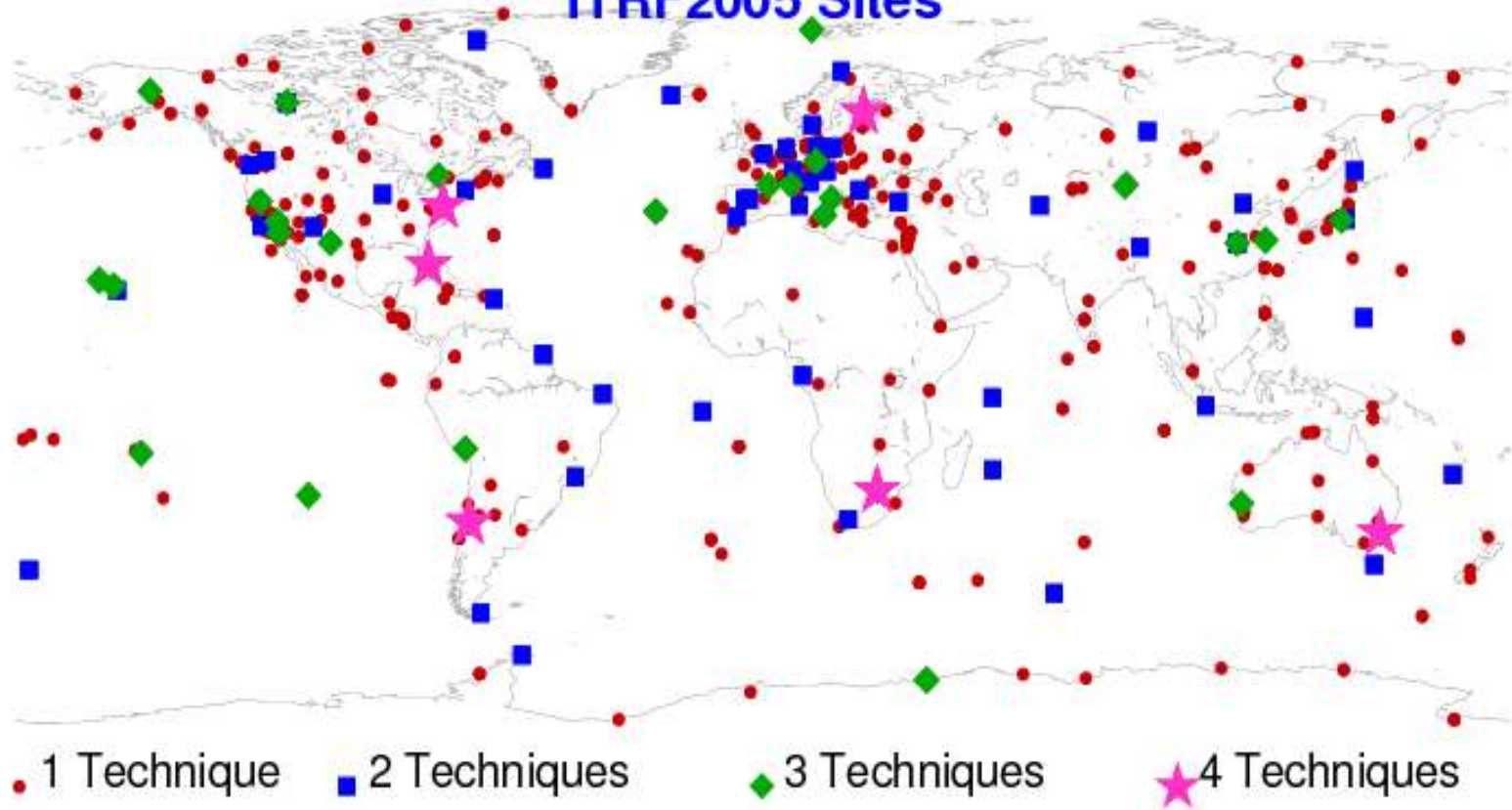


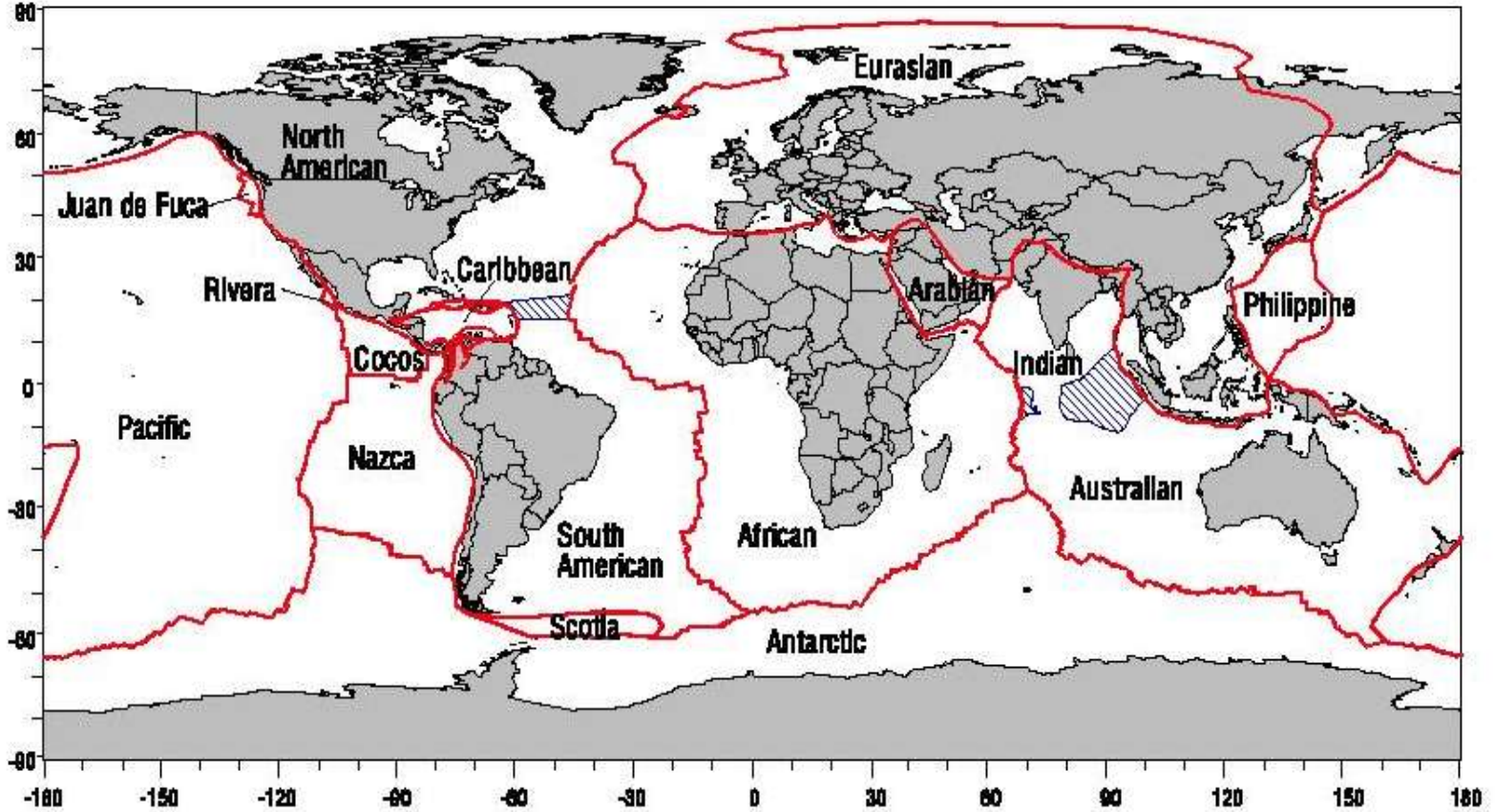
IGS 2009 Jan 31 18:47:09

- Réseau mondial de stations GNSS permanentes
- solution hebdomadaire
- participation aux solutions annuelles ITRF

Éphémérides précises des satellites GNSS
(position en fonction du temps
à quelques centimètres)

ITRF2005 Sites

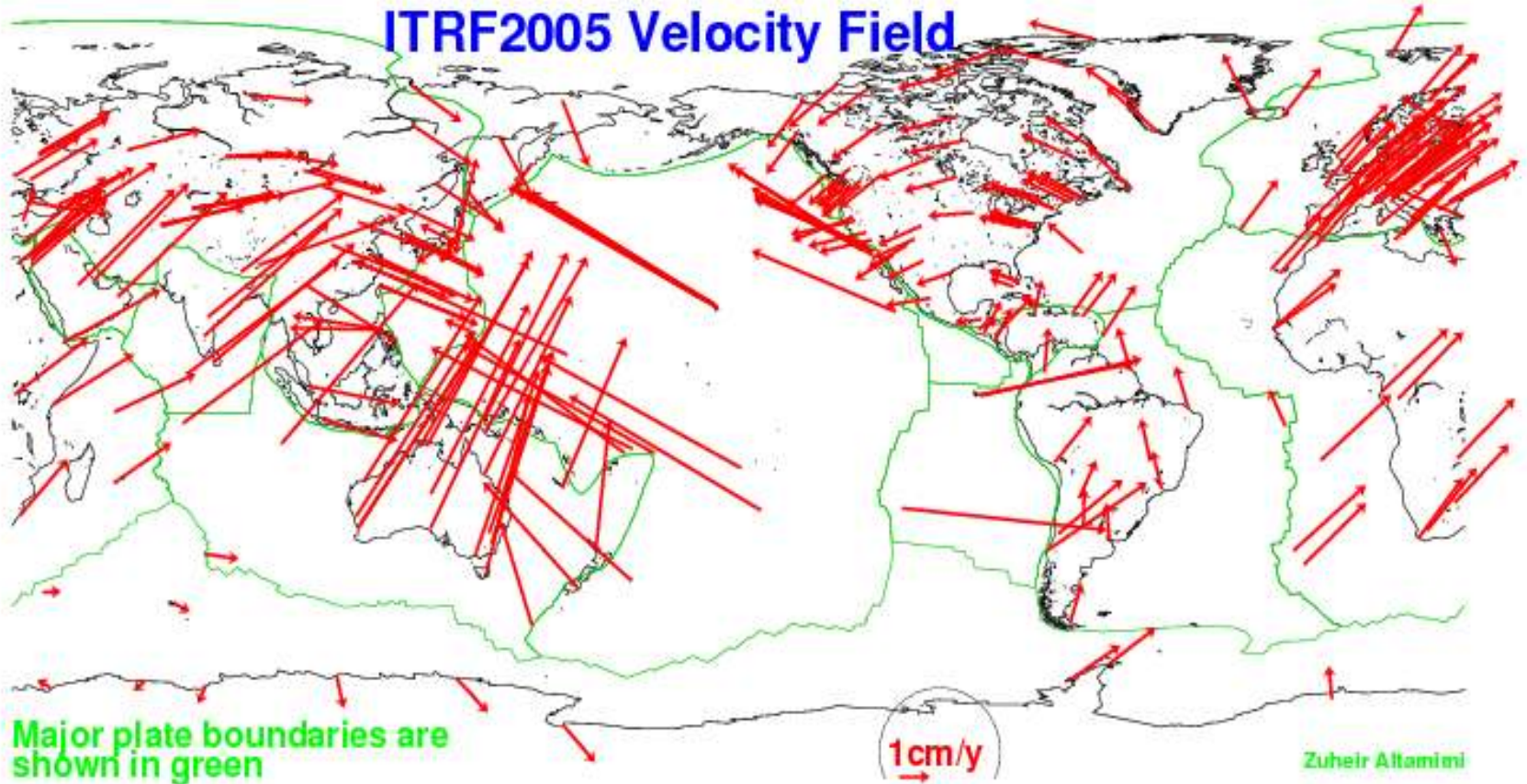




Present-day Major Tectonic Plates and Plate Boundaries

*Several minor plates not shown

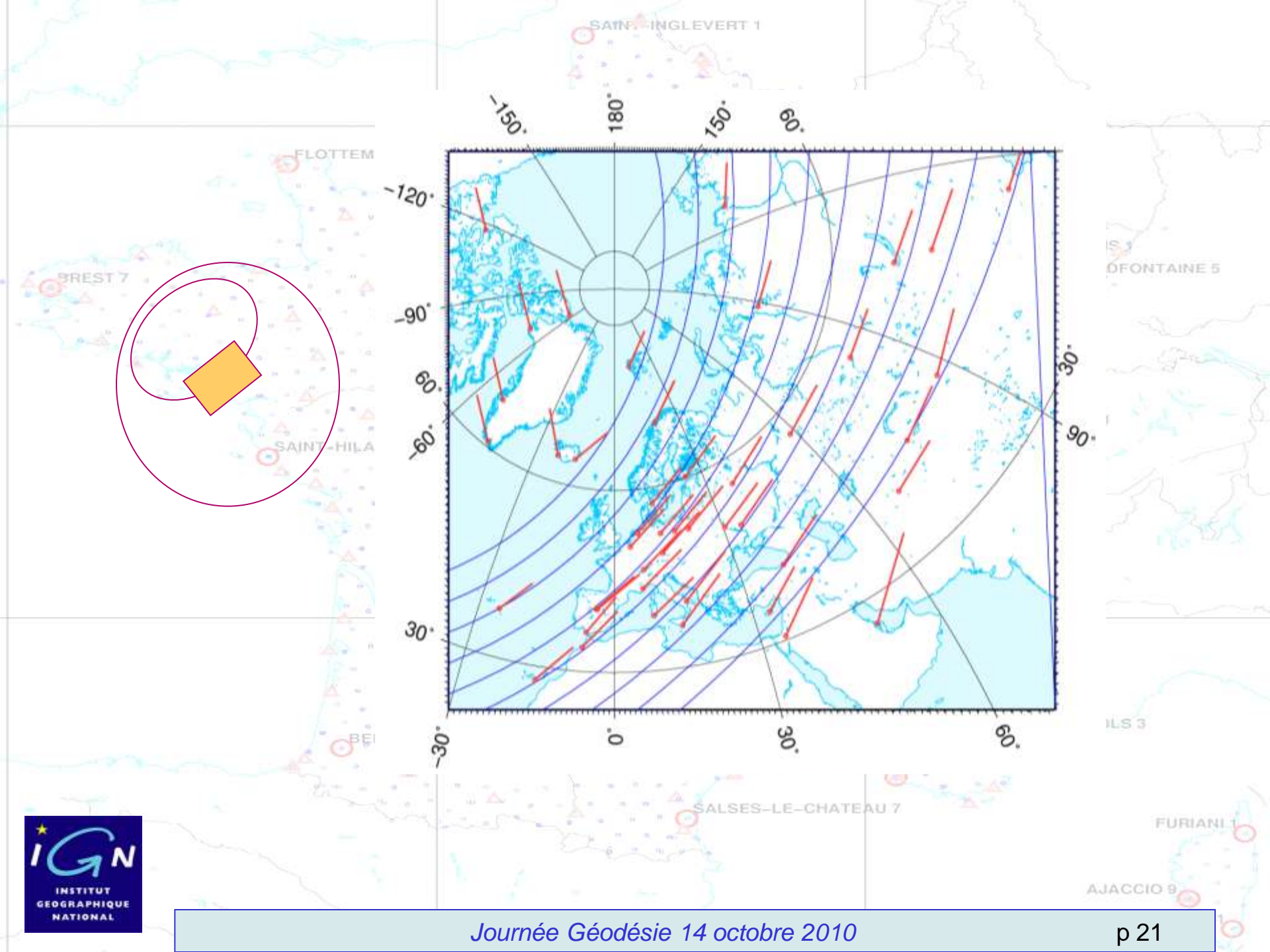
ITRF2005 Velocity Field



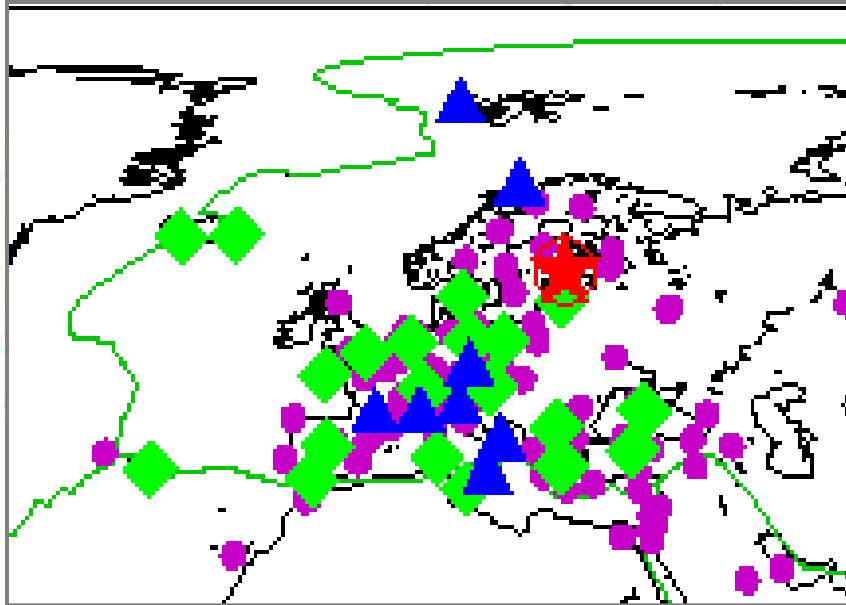
Major plate boundaries are shown in green

1cm/y

Zuheir Altamimi



Le système de référence européen ETRS89



**ETRS89 = ITRS époque 1989.0
pour la plaque européenne (env. 3 cm / an NE)**



RGF93

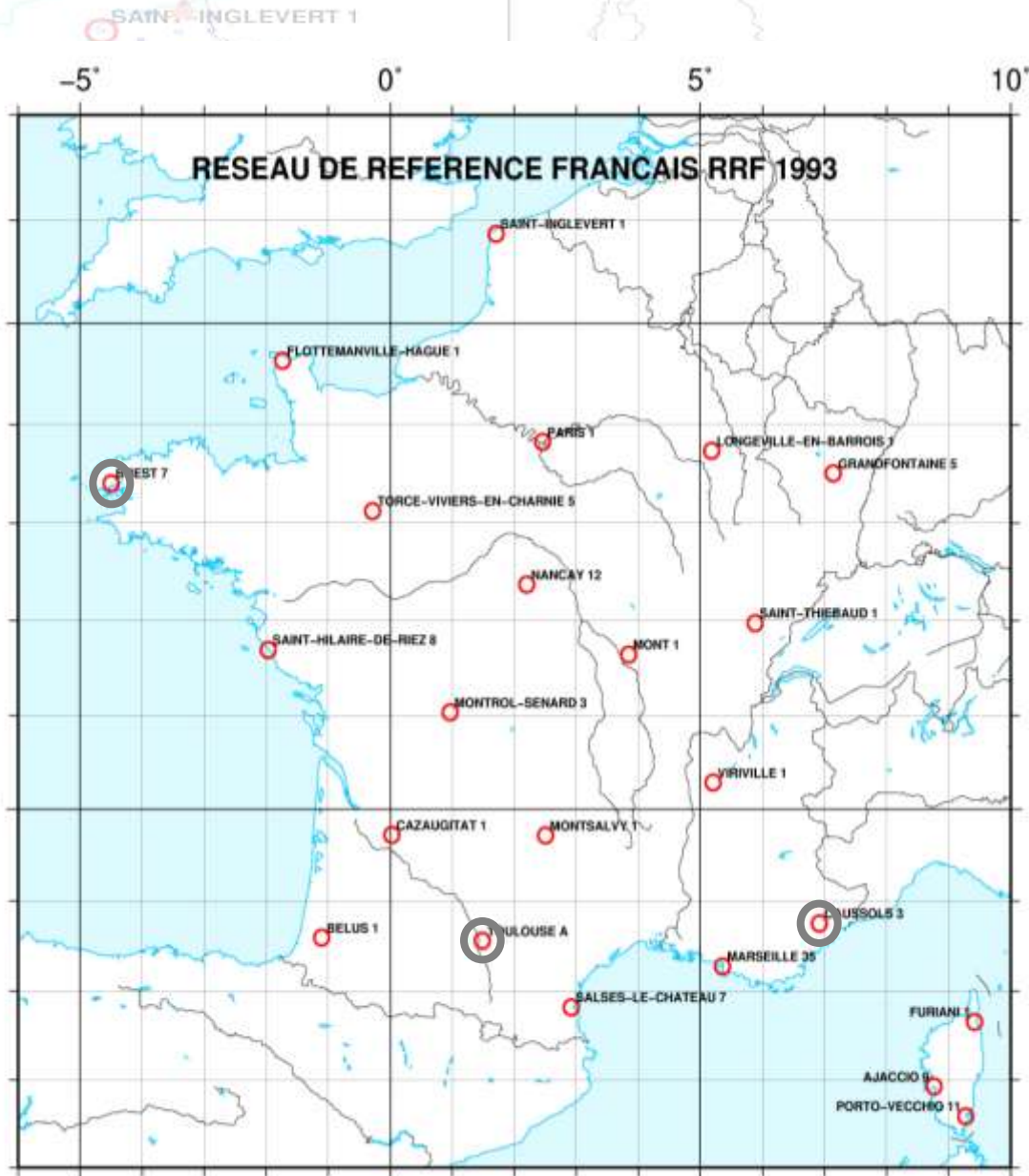
1^{ère} réalisation

**Réseau de Référence
Français (RRF) 1993**

**Solution RRF93.1
(ETRF93)**

 GPS

 VLBI



RGF93

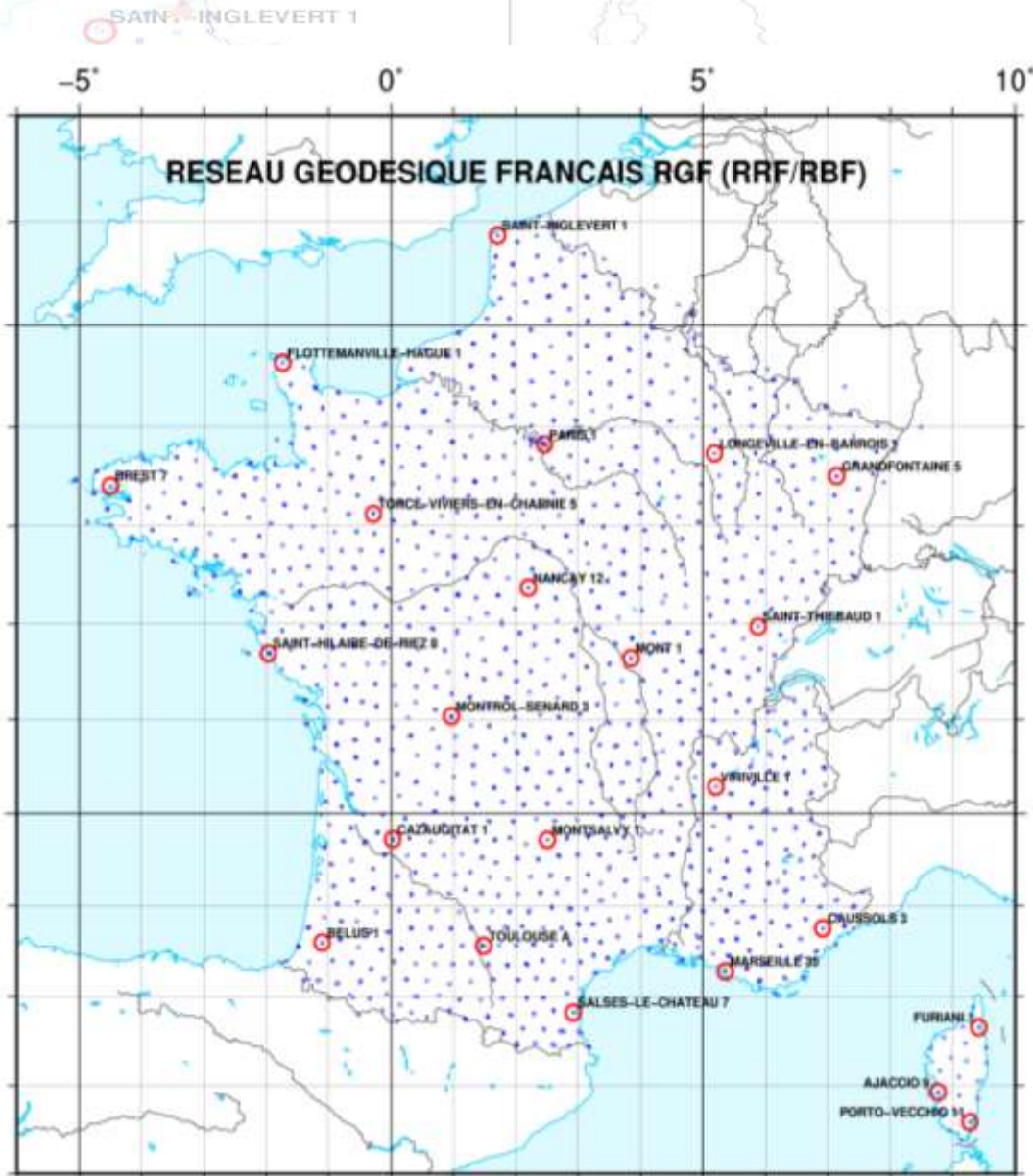
densification

**Réseau de Base
Français (RBF)**

~1000 sites

Observations : 1994-1996

PUBLICATION RGF93 : 1997



SAINTE-INGLEVERT 1



2003. 8. 29 11:39

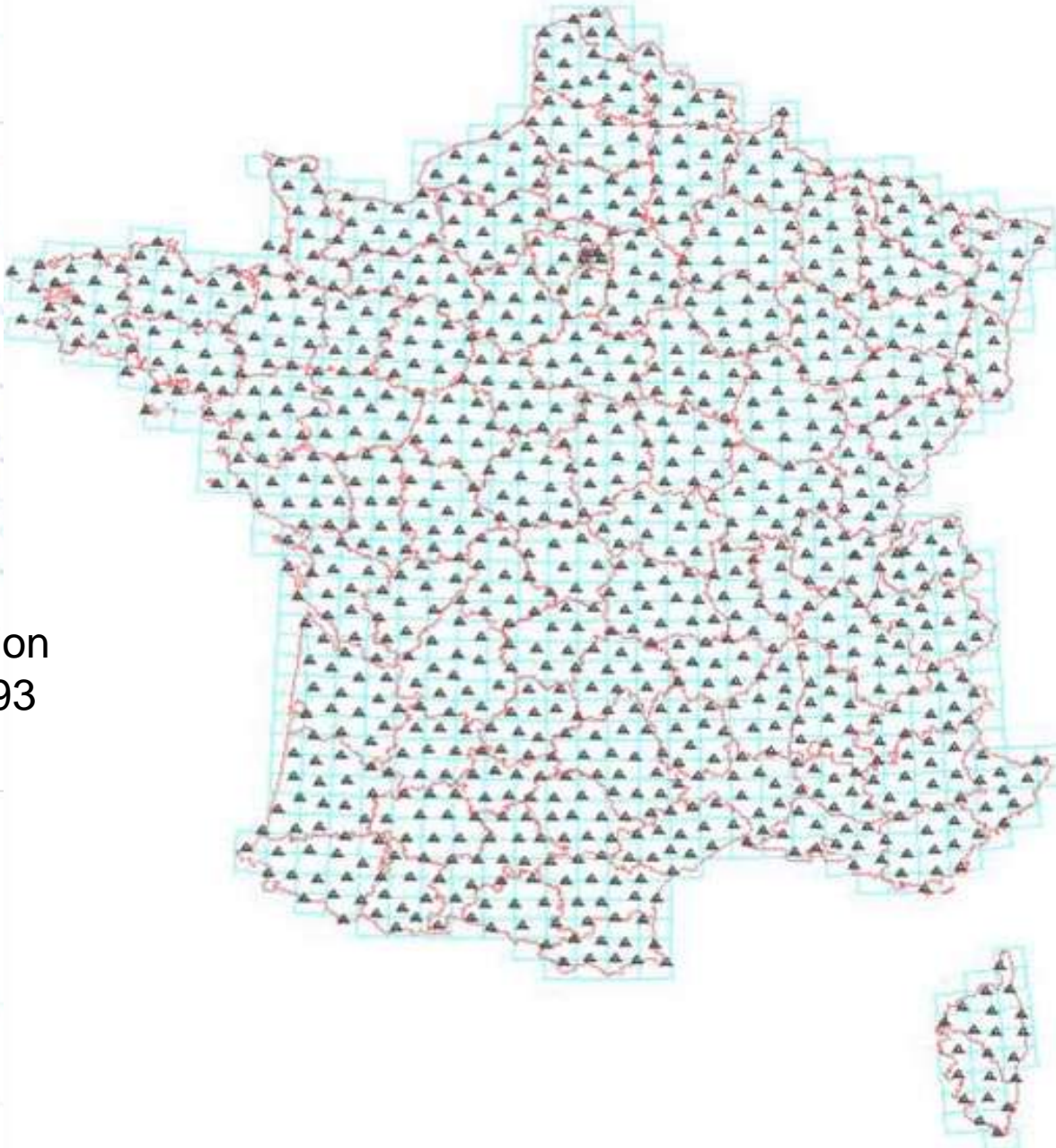
SALSES-LE-CHATEAU 7

FURIANI 1

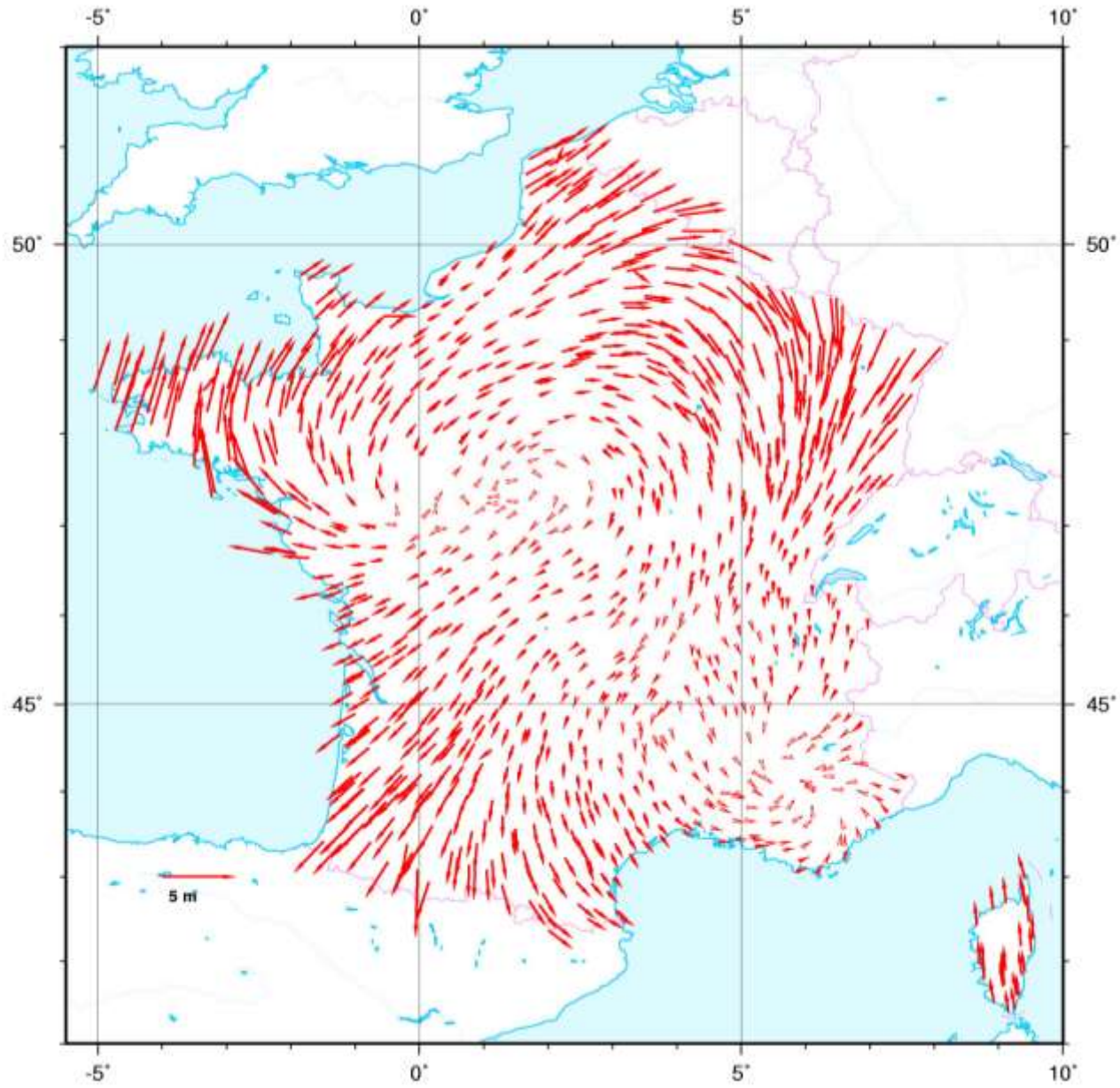
AJACCIO 9



Co-localisation
NTF – RGF93



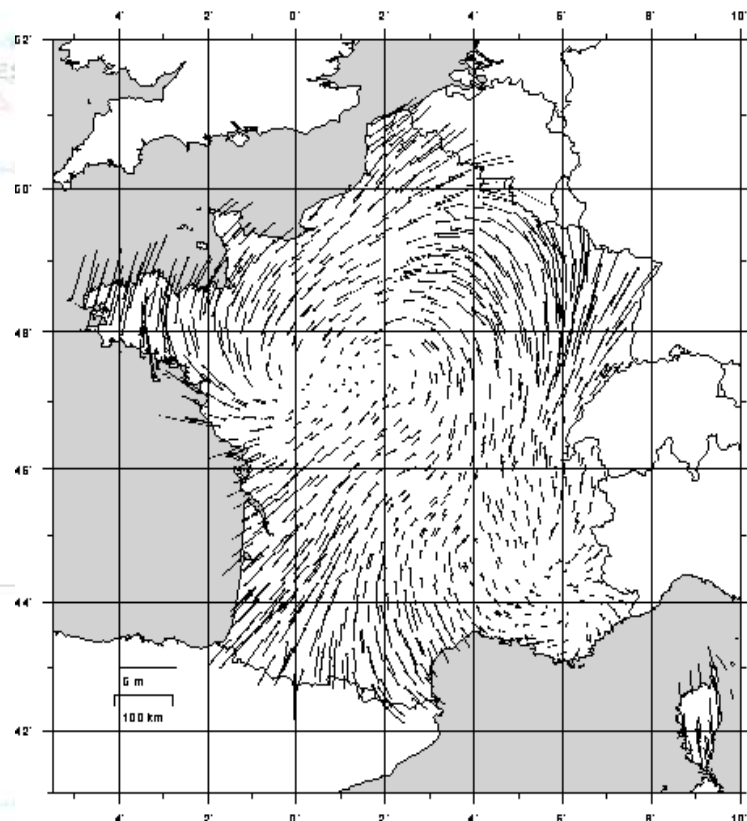
NTF → RGF93 : écarts à une transformation standard



Transformation NTF RGF93 : modélisation

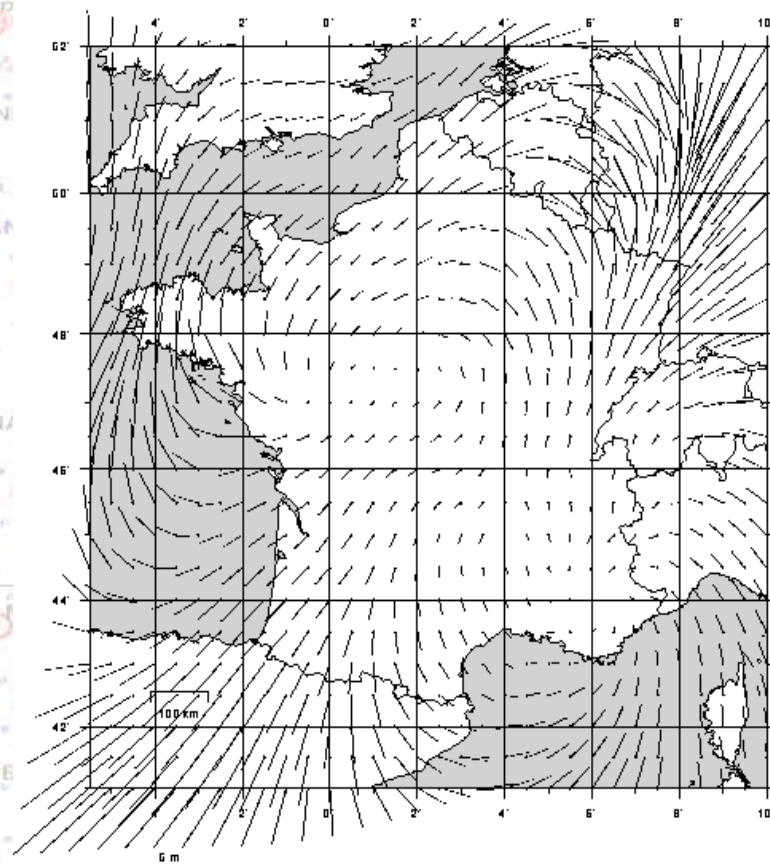
NTF → RGF93

ECARTS A LA TRANSFORMATION STANDARD

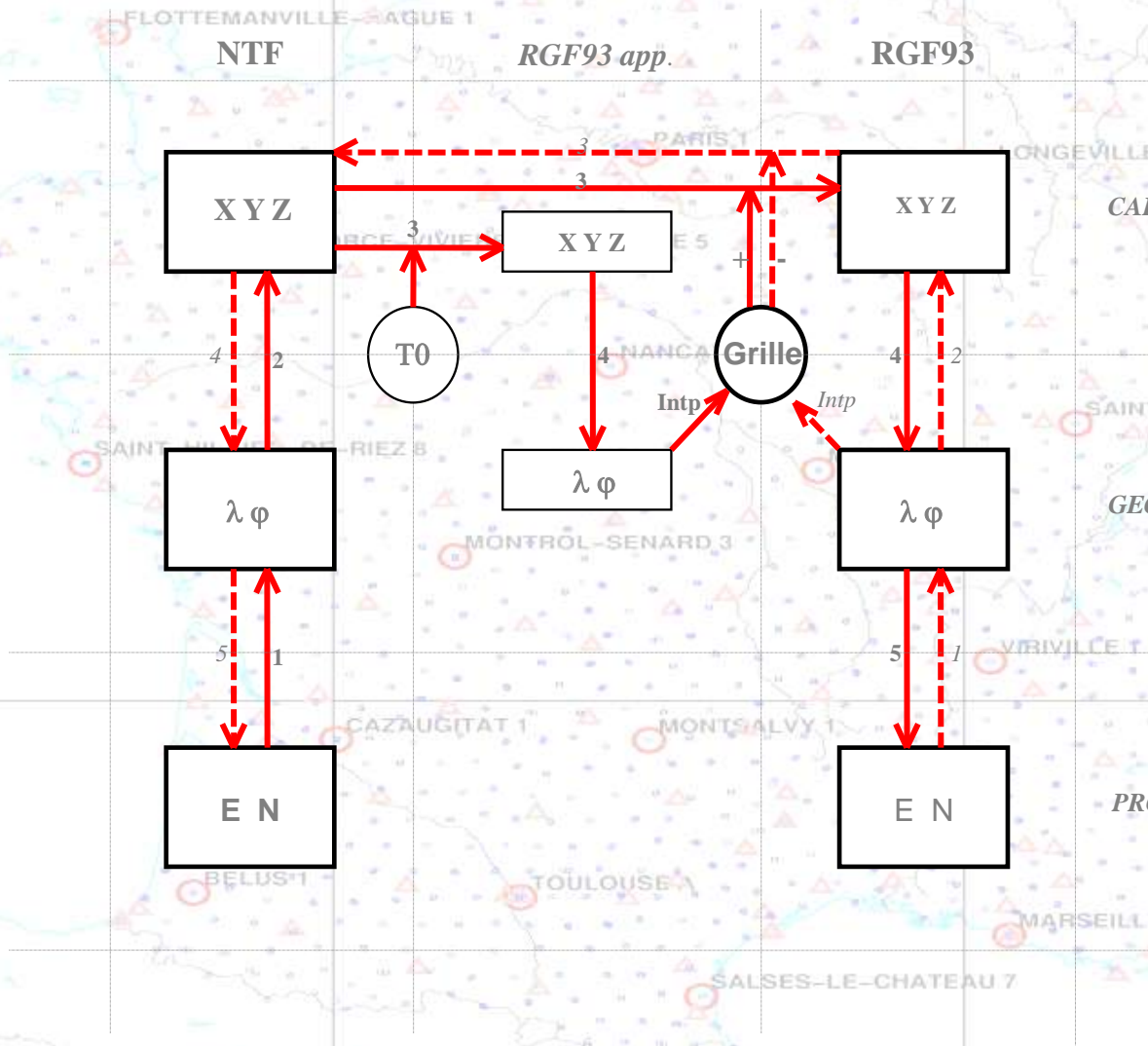


NTF → RGF93

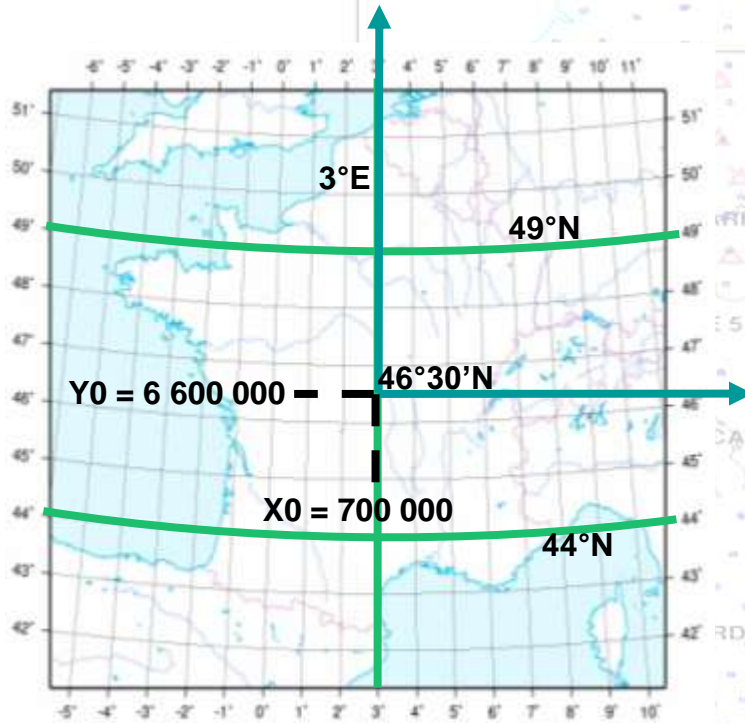
ECARTS A LA TRANSFORMATION STANDARD
(GRILLE DE PARAMETRES)



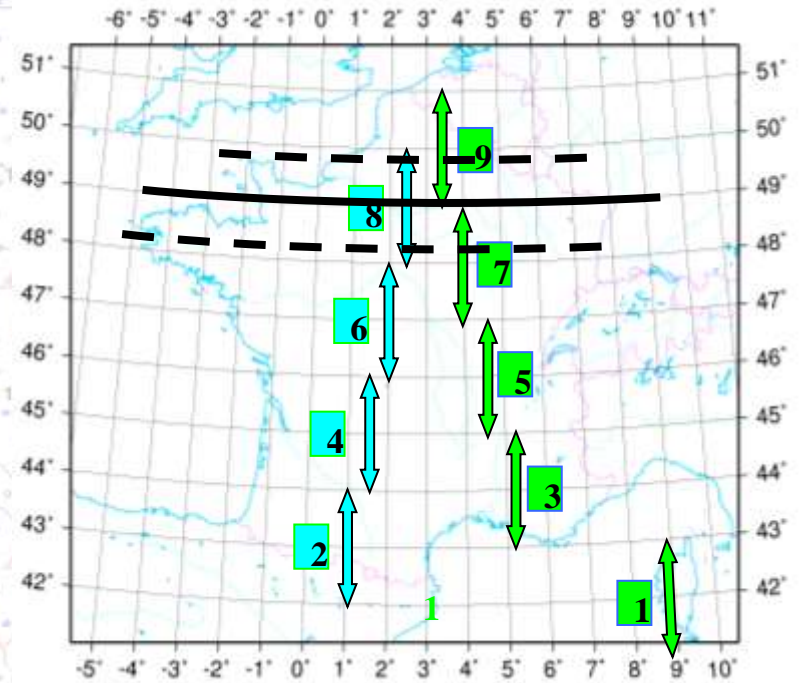
NTF ↔ RGF93 : schéma de transformation



Avec le RGF93, de nouvelles projections



LAMBERT-93



CONIQUE CONFORME 9 zones

$$\gamma = n (\lambda - \lambda_0)$$

$$R = R_0 \exp \{ - n (\xi - \xi_0) \} = C \exp \{ - n \xi \}$$

$$\xi = \text{Ln} [(1 + \sin \varphi)/(1 - \sin \varphi)]^{1/2} - e \text{Ln} [(1 + e \sin \varphi)/(1 - e \sin \varphi)]^{1/2}$$

$$E = E_s + R \sin \gamma$$

$$N = N_s - R \cos \gamma$$



Logiciel Circé

<http://www.ign.fr>

Circé France

A propos de Circé | Transformation standard | Transformation grille

Nom du point

Mode

Système de départ

NTF (Paris) Type Planes Projection Lambert 2 étendu

E(m) 600000 Unité Grades

N(m) 2166660.594

Hauteur Ellipsoïdale 0 Altitude 0 Méridien Origine Paris

Composante Verticale (mètres)

Système altimétrique IGN69

Système d'arrivée

RGF93 Type Planes Projection LAMBERT-93

E(m) 649119.122 Unité Degrés Minutes Secondes

N(m) 6600213.761

Hauteur Ellipsoïdale(m) 47.956 Altitude 0.000 Méridien Origine Greenwich

Convergence des méridiens 0.28531 Altération linéaire -948.9 mm/km

La précision de la transformation est : de 1 à 5cm en plani et de 1 à 5cm en alti

Le nouveau système : RGF93

A partir du 1er février 2001, le système géodésique légal en France métropolitaine est le RGF93

Système de référence :

- tridimensionnel
- Liaison au système de référence mondial (ITRS) : ETRS89
- Ellipsoïde : GRS80
 - $a = 6\,378\,137\text{ m}$
 - $f = 1 / 298.257\,222\,101$
- Méridien origine International (Greenwich)

Système de coordonnées :

- longitudes, latitudes en degrés sexagésimaux
- hauteurs ellipsoïdales en mètres
- Projection : E, N Lambert-93 (m), unique pour la France
Conique conforme 9 zones

Accès :

- Réseau de Base Français (RBF) : 1032 sites
- Réseau GPS permanent (RGP)
- **Exactitude : 1 à 2 cm (horizontale), 2 à 5 cm (verticale)**

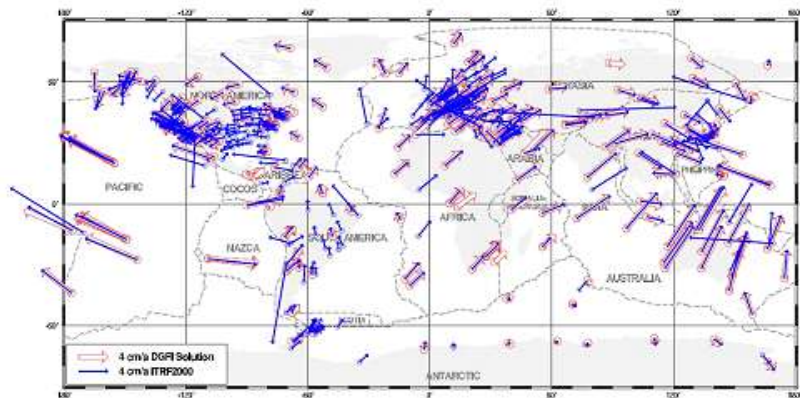
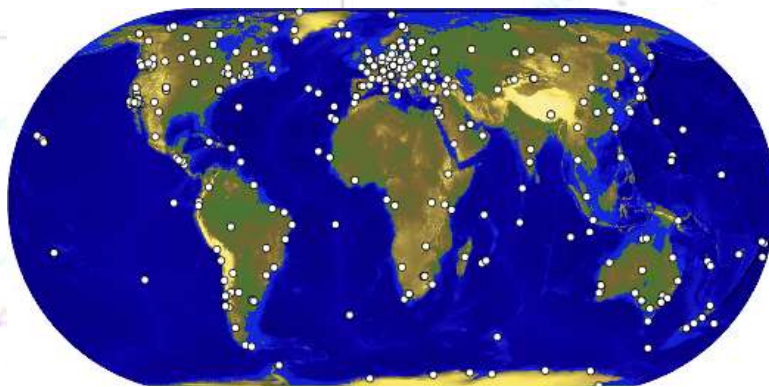
SAINTE-INGLEVERT 1



BREST 7

AJACCIO 9

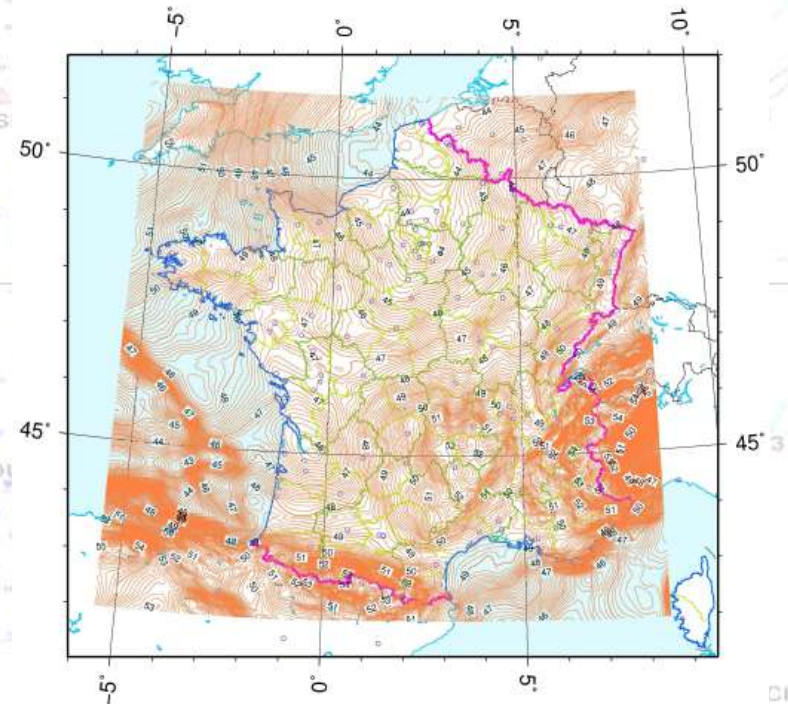
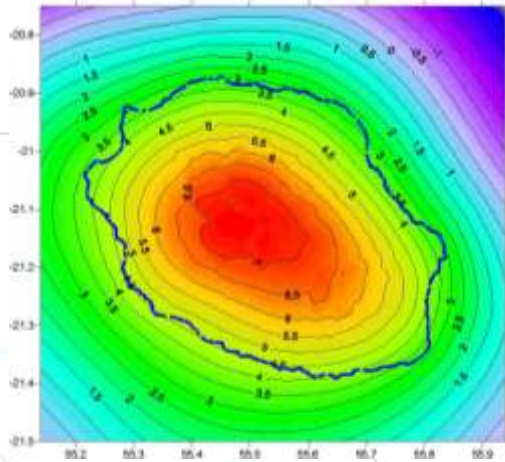
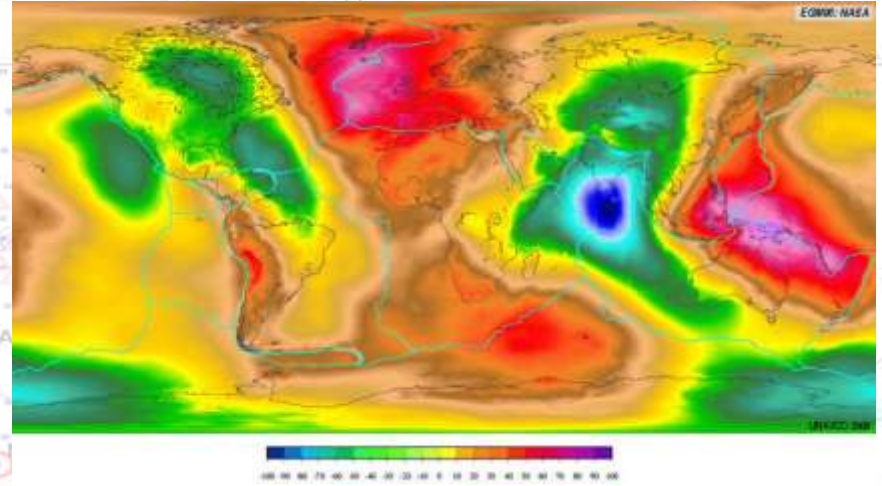
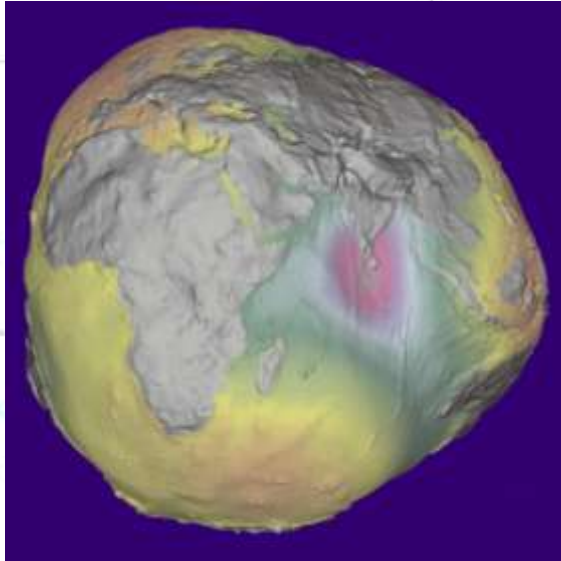
Du global ... à l'européen ... et au national (1)



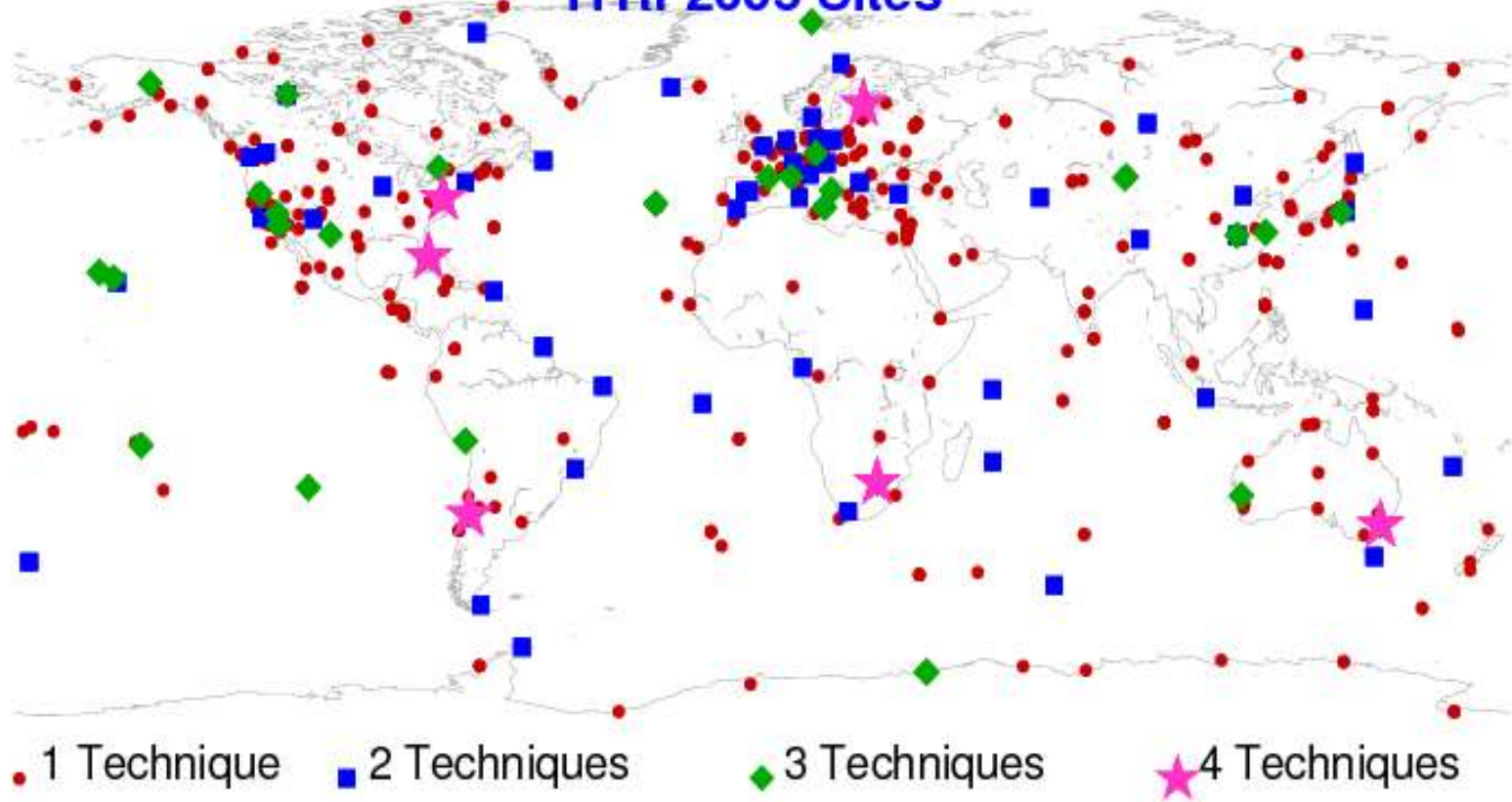
EUREF Permanent Tracking Network



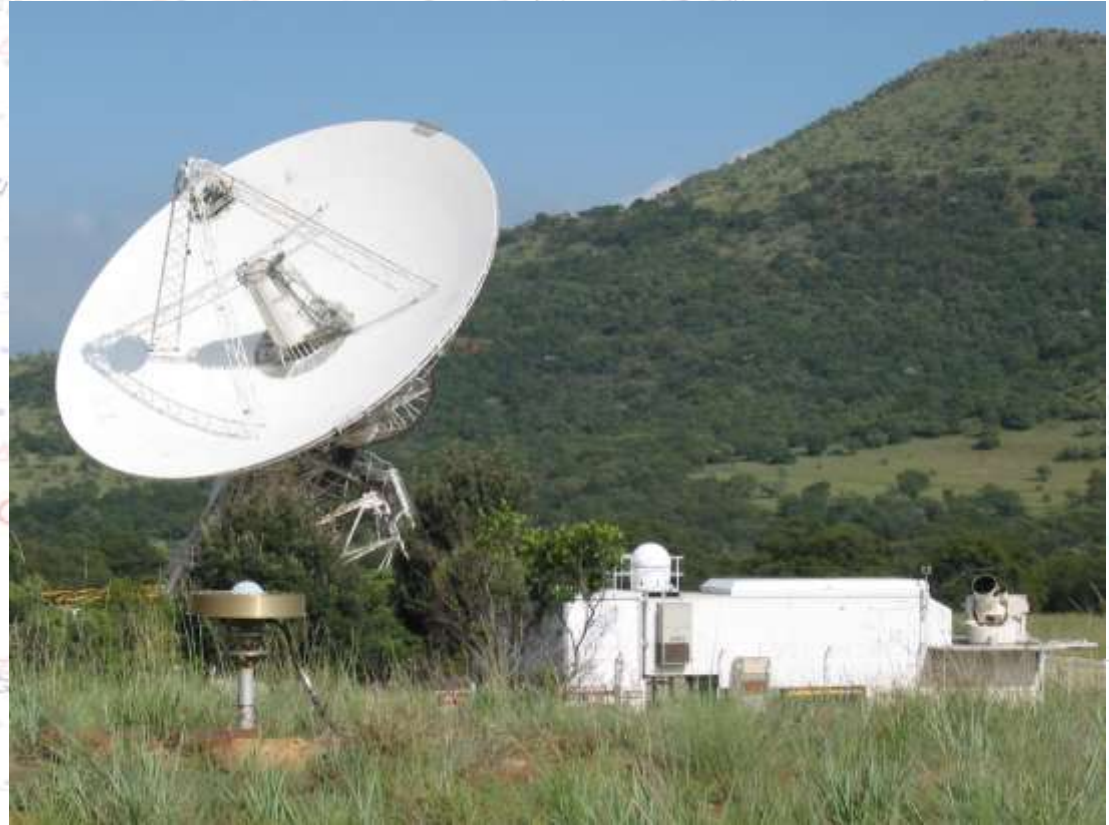
Du global ... à l'européen ... et au national (2)



ITRF2005 Sites



ITRF : co-localisation des techniques



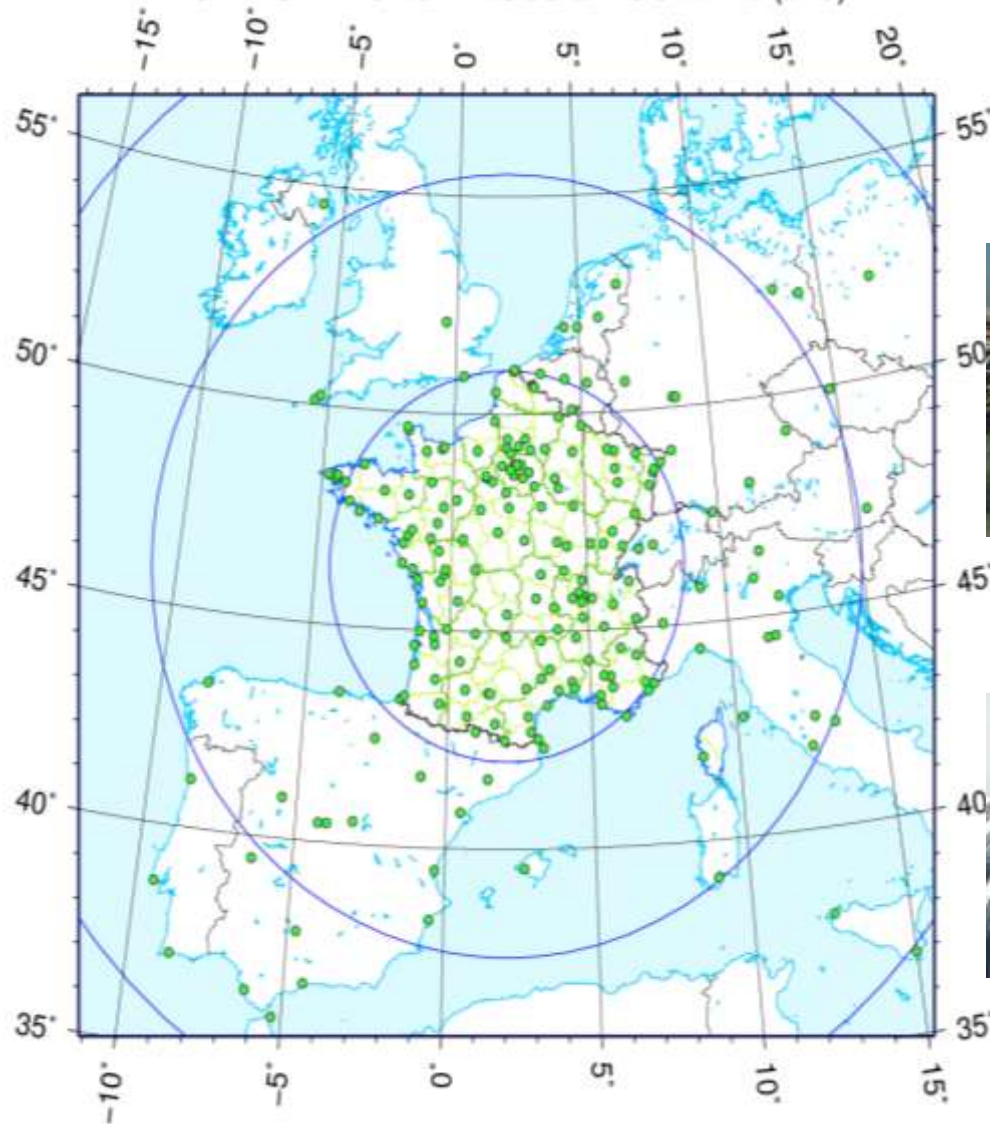
Réseau
GNSS
Permanent

01/01/2001 15 st.

14/10/2010 234 st.



RESEAU GNSS PERMANENT (RGP)



RGF93 2000 - 2010

ENTRETIEN DE LA RÉFÉRENCE NATIONALE

- Améliorations spectaculaires des techniques et traitements GPS
- longues séries temporelles (>10ans pour le RGP)
- du centimétrique ($\leq 5\text{cm}$) à l'infra-centimétrique ($< 1\text{cm}$)
- cohérence RGP et réseaux interpolés
- accès + précis aux altitudes (RAF09 post NIVAG)
- INSPIRE
- interopérabilité transfrontalière
- ...

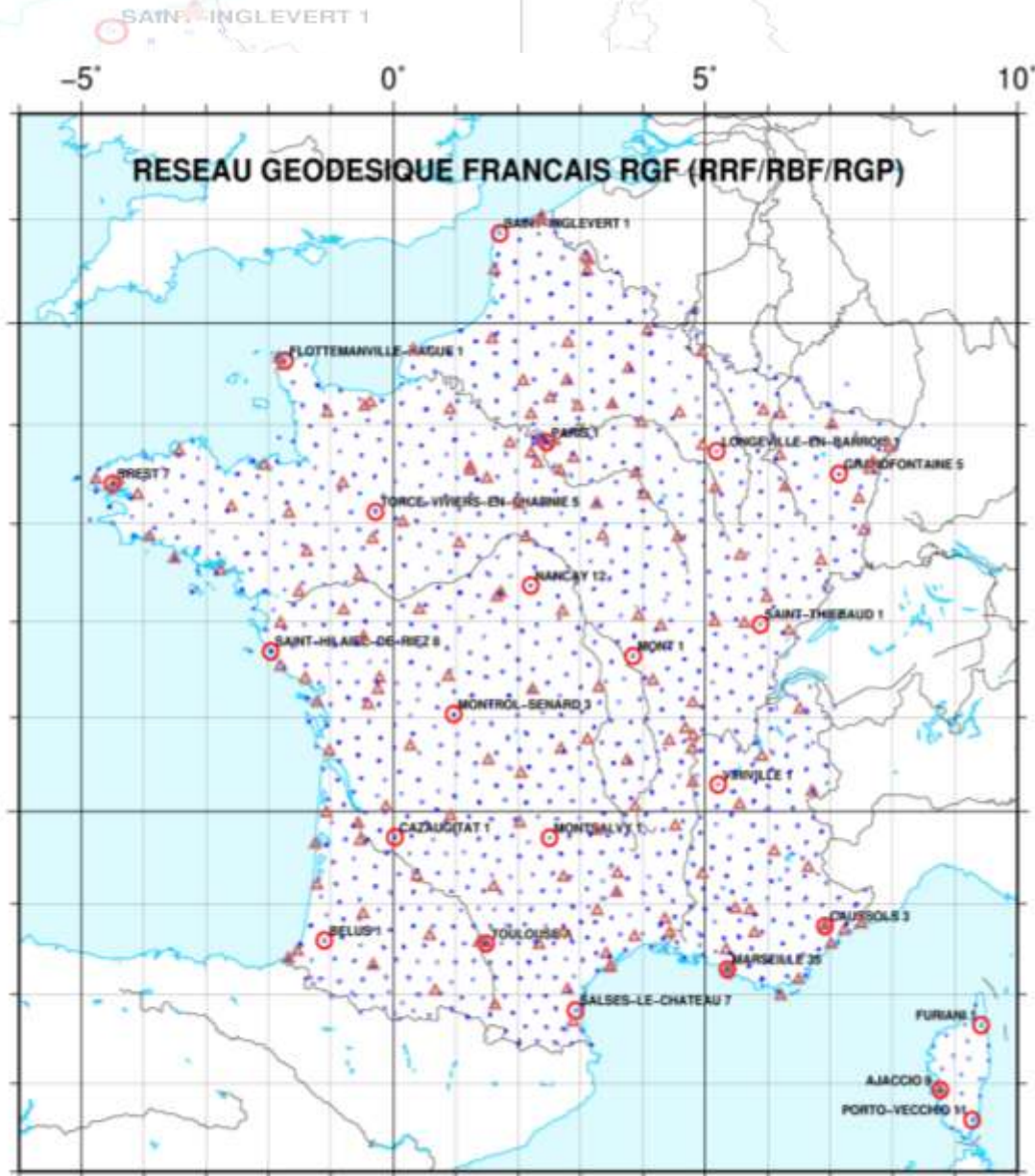
RGF93

Accès 2009 :

- RBF (dont RRF)
- RGP

Exactitude
centimétrique

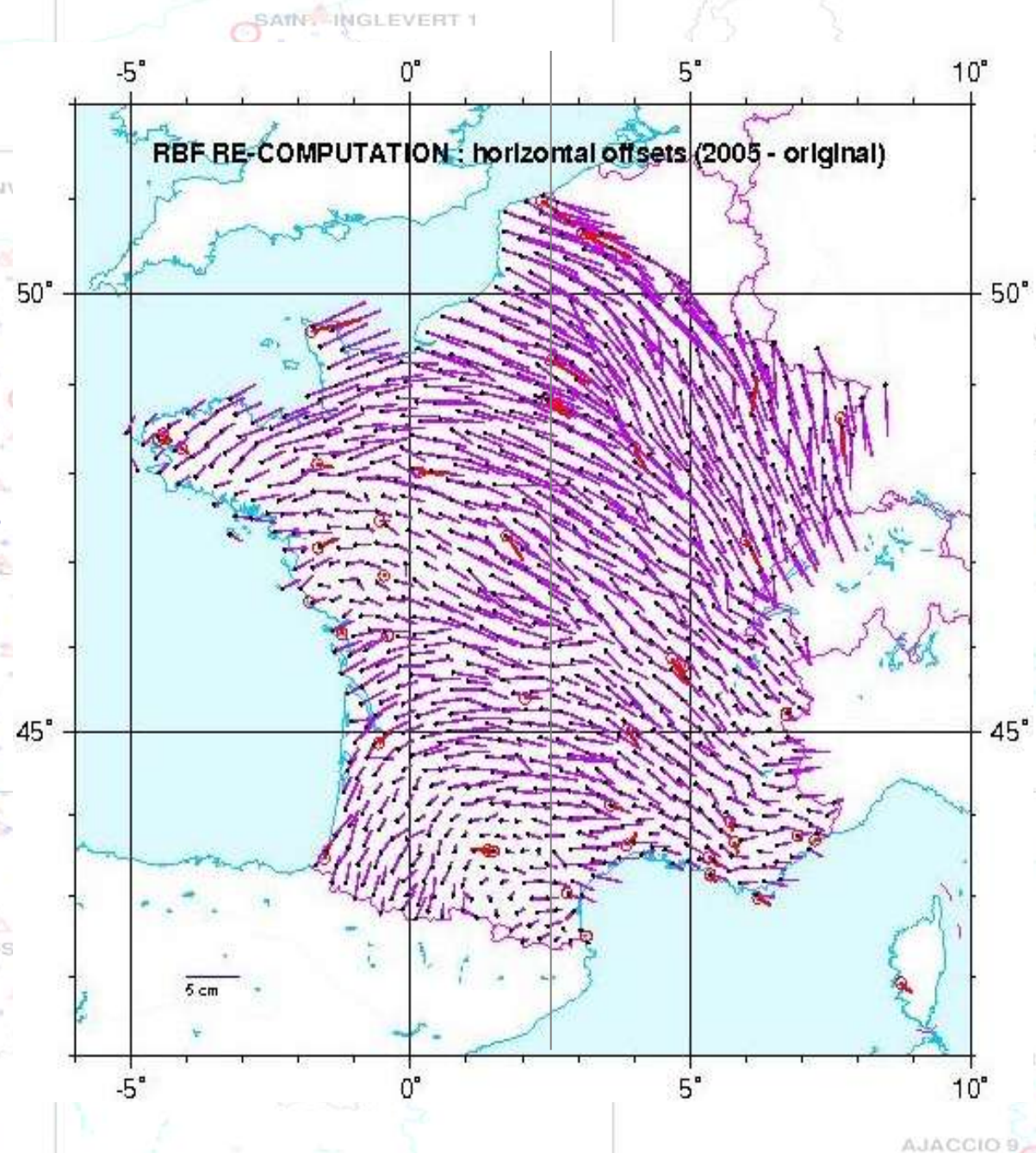
< 5 cm



Re-calcul du RBF (2004)

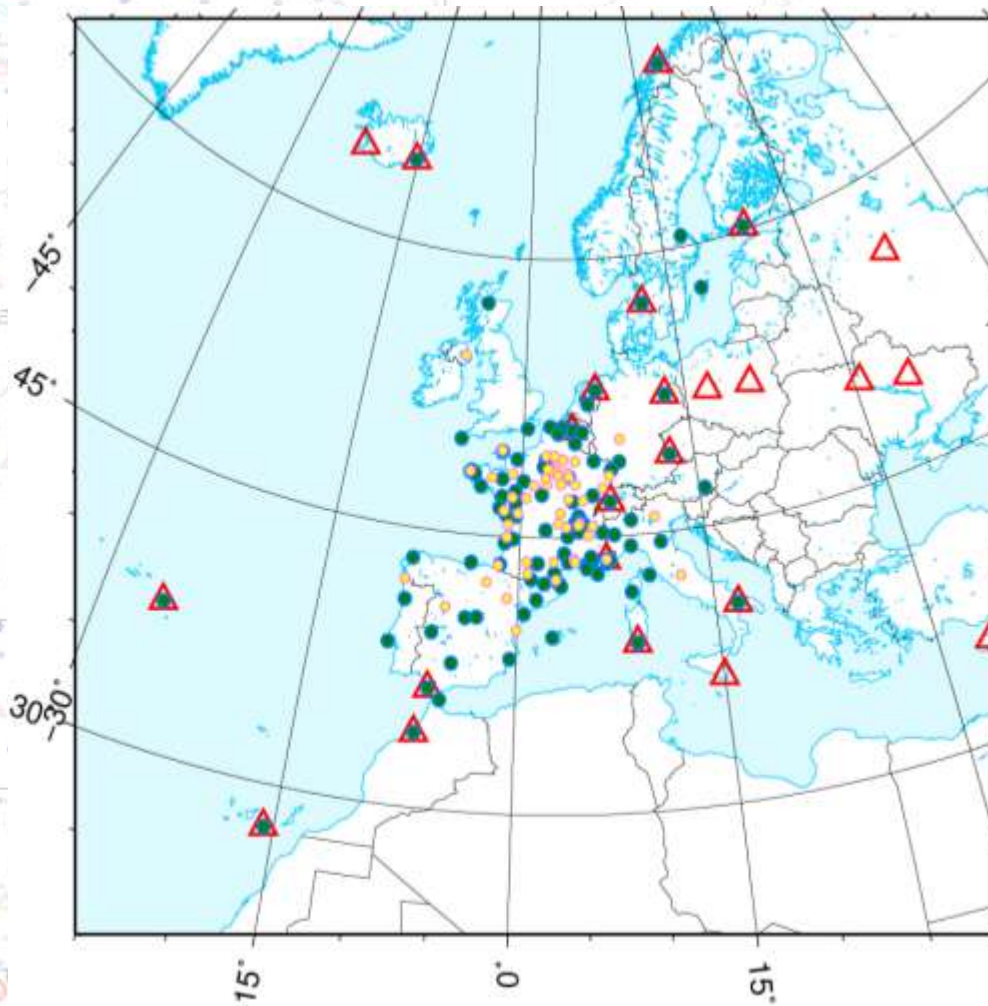
Bernese 4.2
Stations permanentes
européennes

Écarts horizontaux

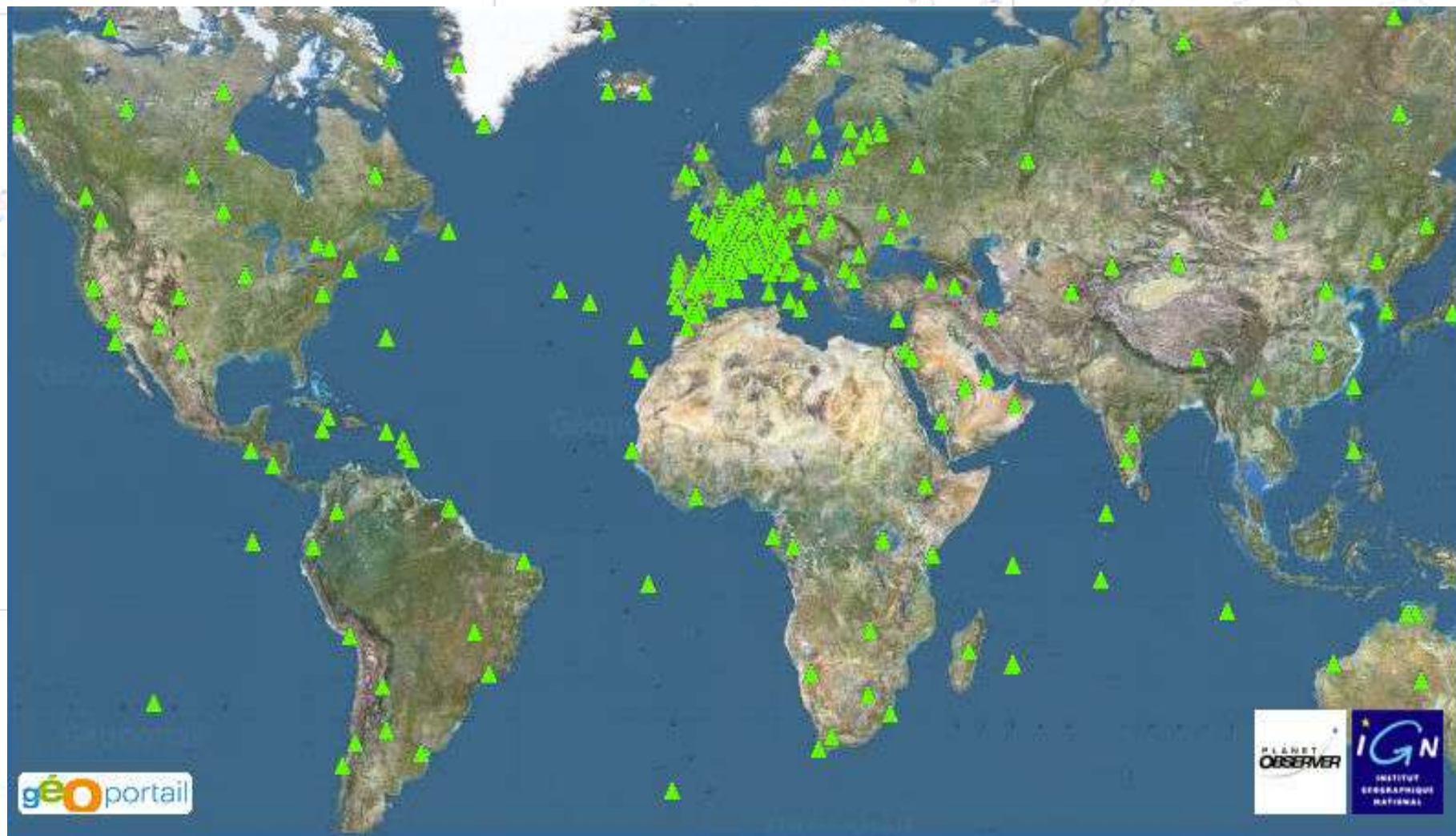


Re-calcul du RGP 1998-2009

- Bernese 5.0
- Solutions journalières
- Antennes absolues
- Troposhère a priori
- Marées terrestres OK
- Surcharges océan. FES2004
- Contraintes lâches IGS05 (1m)
- ...



Des solutions journalières continues ...

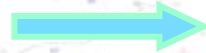


Re-calcul du RGP 1998-2009

Coordonnées et vitesses

=> ETRS89 (2009.0)

ITRF2005
IGS05



ETRS89 (etrf2000)

$$\begin{pmatrix} X_E \\ Y_E \\ Z_E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{2005} \\ Y_{2005} \\ Z_{2005} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} +0.0531 - 0.0002 \Delta t \\ +0.0507 + 0.0001 \Delta t \\ -0.0628 - 0.0018 \Delta t \end{pmatrix} + (0.8 + 0.08 \Delta t) 10^{-9} \begin{pmatrix} X_{2005} \\ Y_{2005} \\ Z_{2005} \end{pmatrix}$$

$$+ \mathbf{k} \begin{pmatrix} 0 & 12.672 + 0.792 \Delta t & 7.840 + 0.490 \Delta t \\ -12.672 - 0.792 \Delta t & 0 & -1.296 - 0.081 \Delta t \\ -7.840 - 0.490 \Delta t & 1.296 + 0.081 \Delta t & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{2005} \\ Y_{2005} \\ Z_{2005} \end{pmatrix}$$

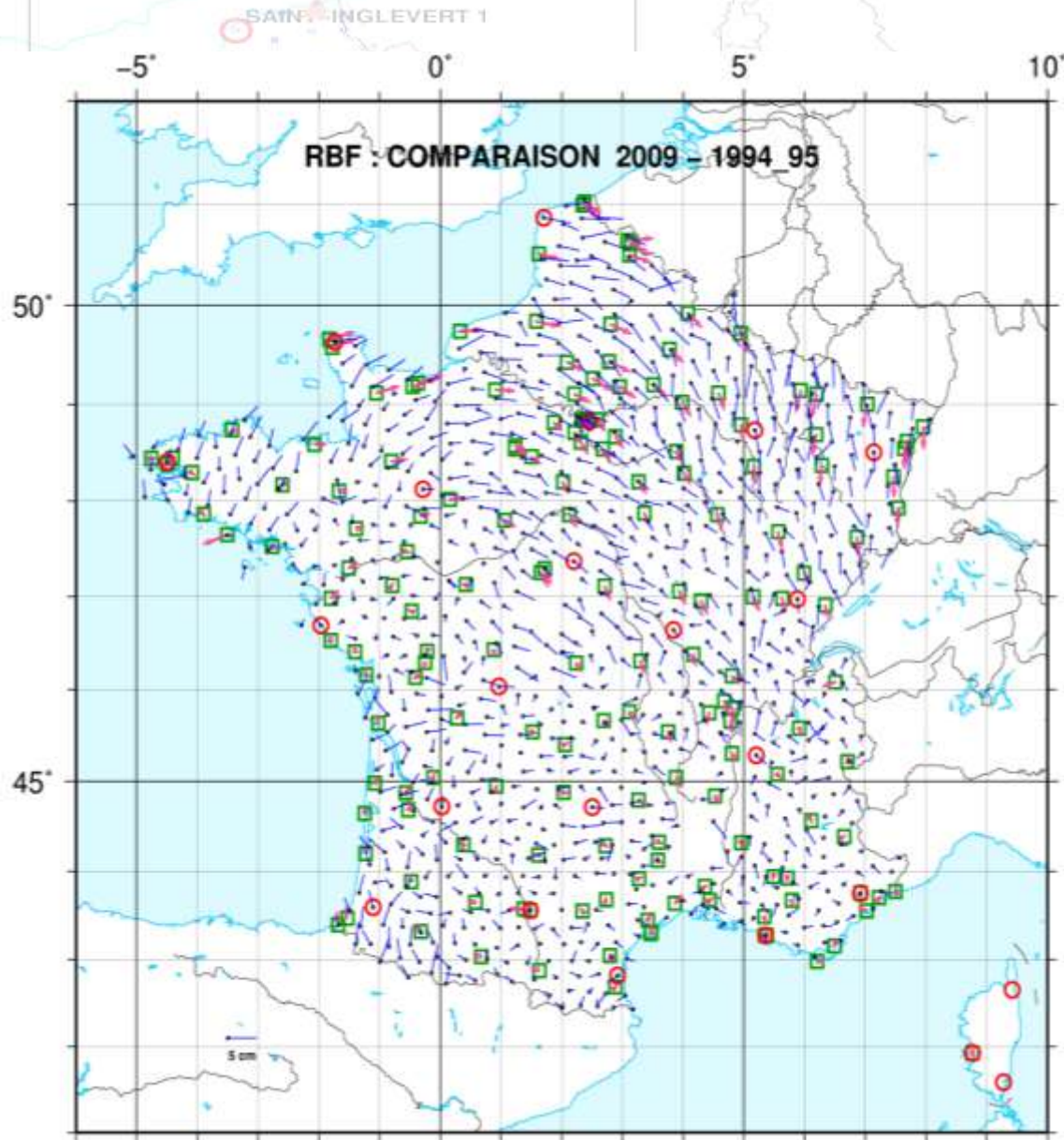
$$(\Delta t = t - 2005) \quad \mathbf{k} = \pi / 180 / 3600000$$

t = 2009.0

réfection RBF (2000-2009)

Calcul 2009 (BSW5.0)
Alignement RGP2009

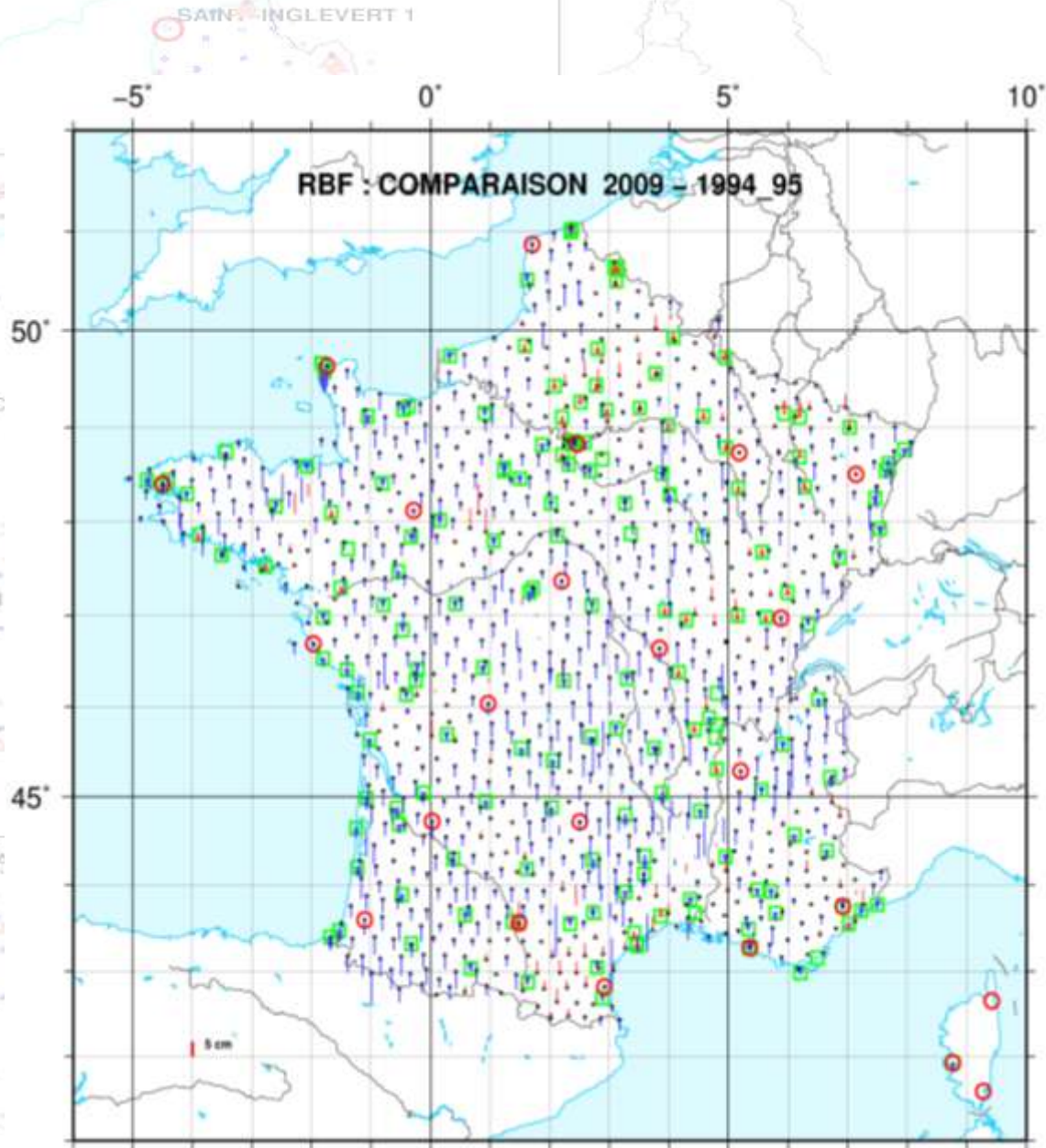
Écarts horizontaux



réfection RBF (2000-2009)

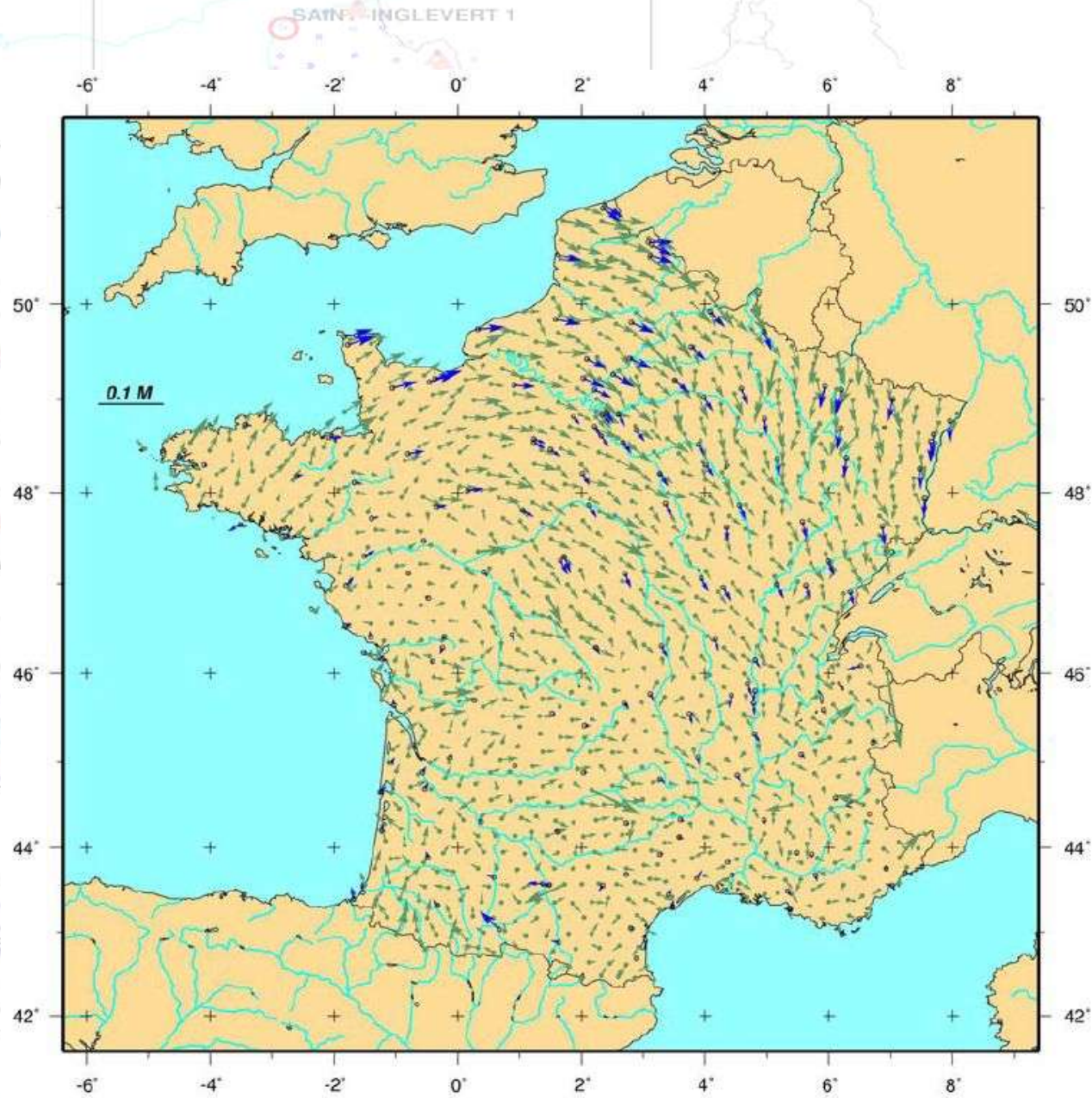
Calcul 2009 (BSW5.0)
Alignement RGP2009

Écart vertical



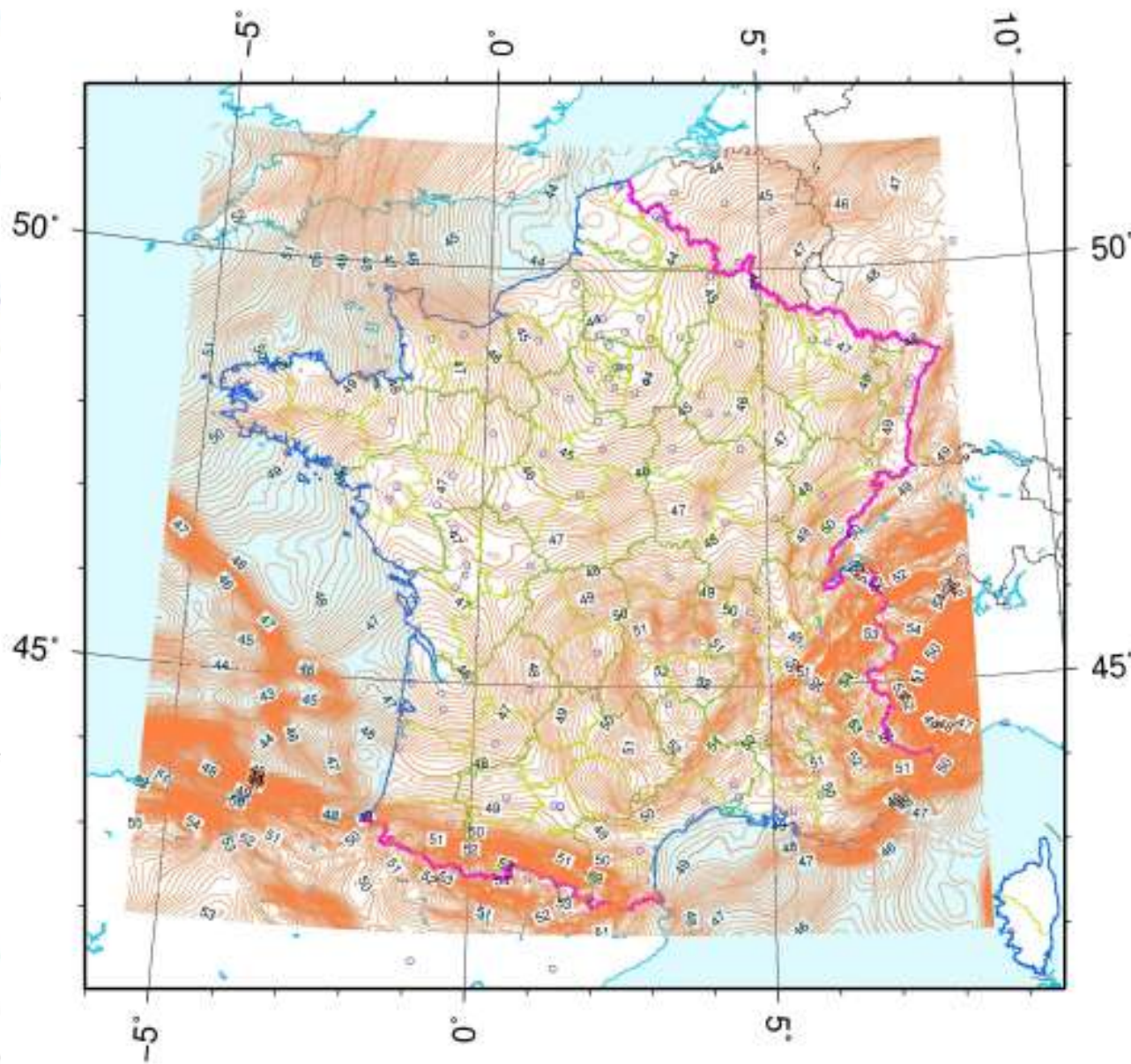
Rénovation RGF93 18/08/2010

Écarts planimétriques

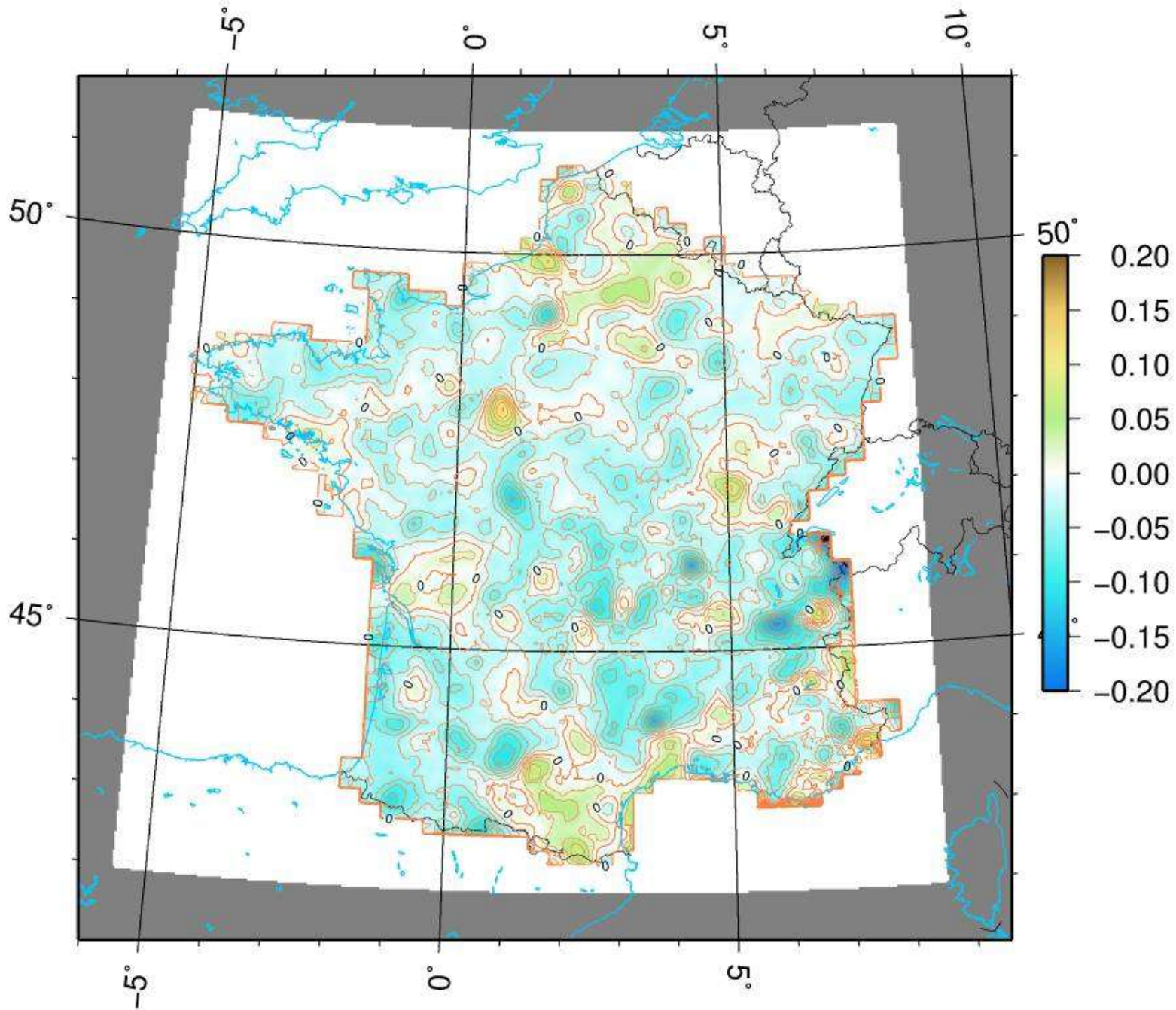


Grille de conversion d'altitude

RAF09



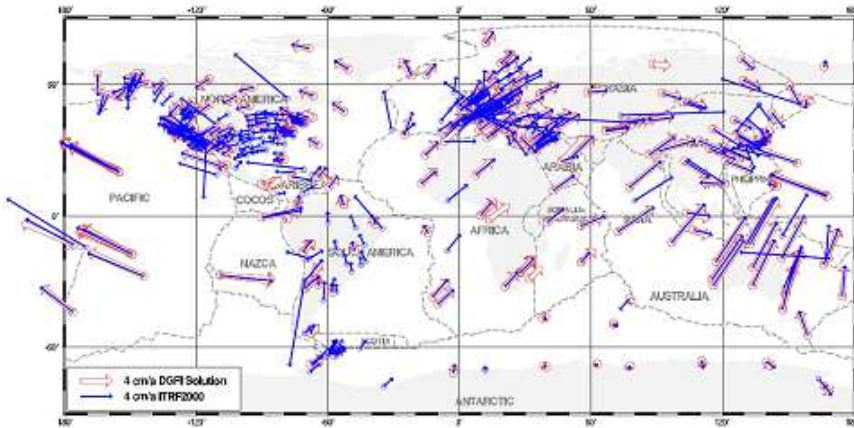
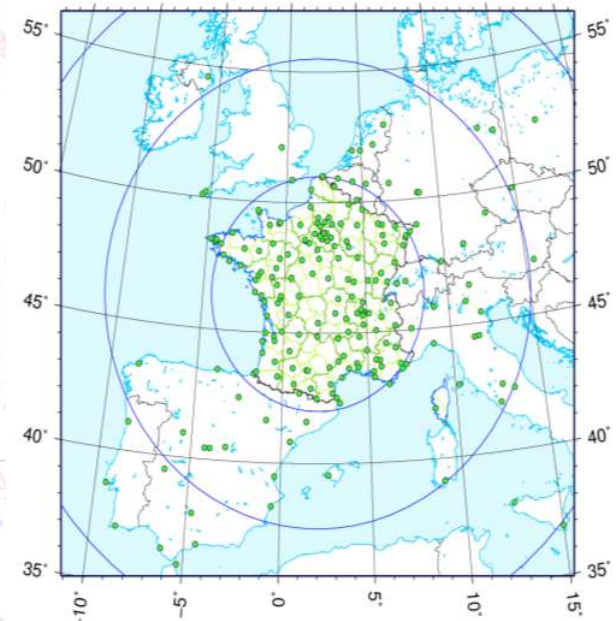
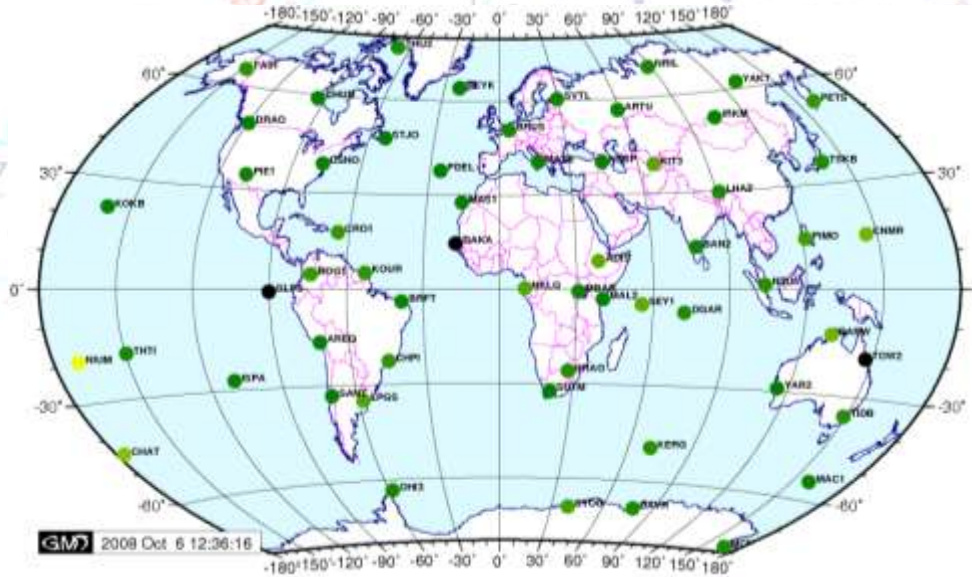
Ecart
RAF98
RAF09



Et demain ...

**PPP
GALILEO**

...



MERCI

