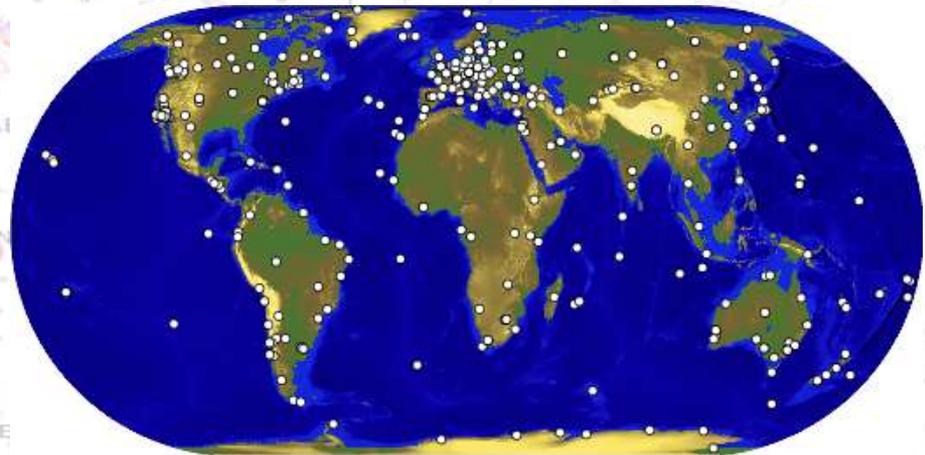
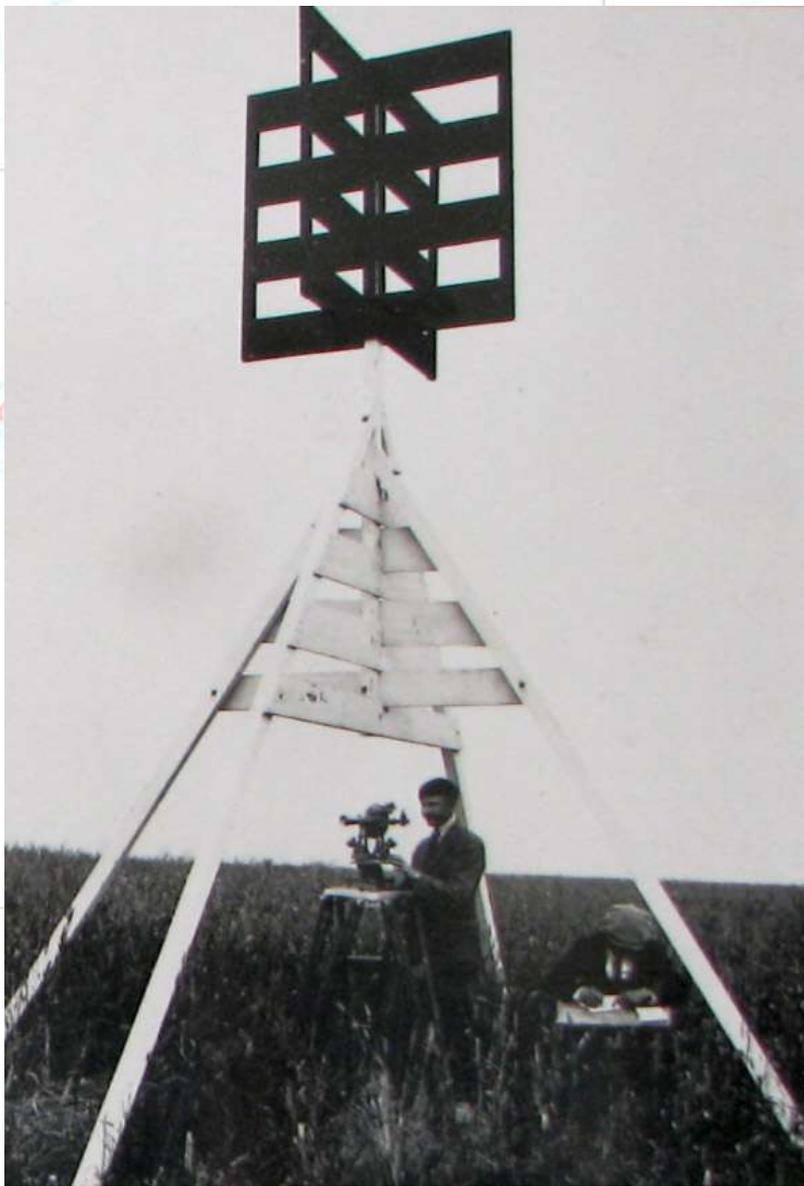


# *L'évolution des références géodésiques*

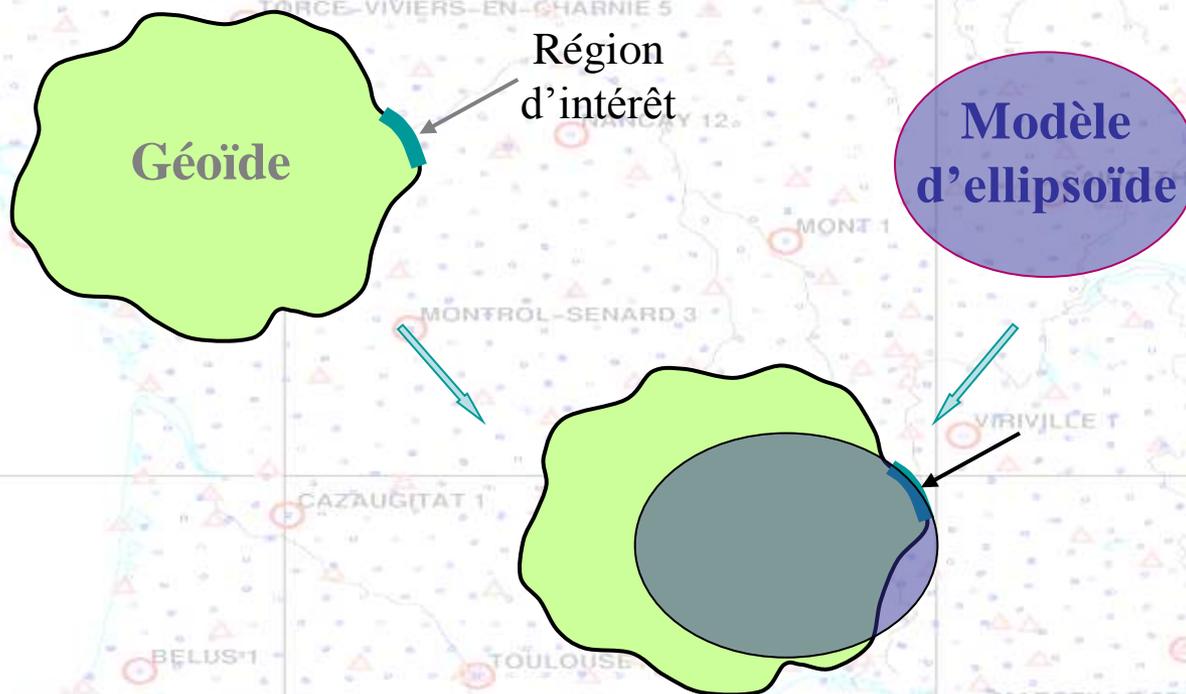


*de la NTF au RGF...*

**Alain HARMEL**  
**Institut géographique national**  
**Service de géodésie et nivellement**



# SYSTEME GEODESIQUE « LOCAL »





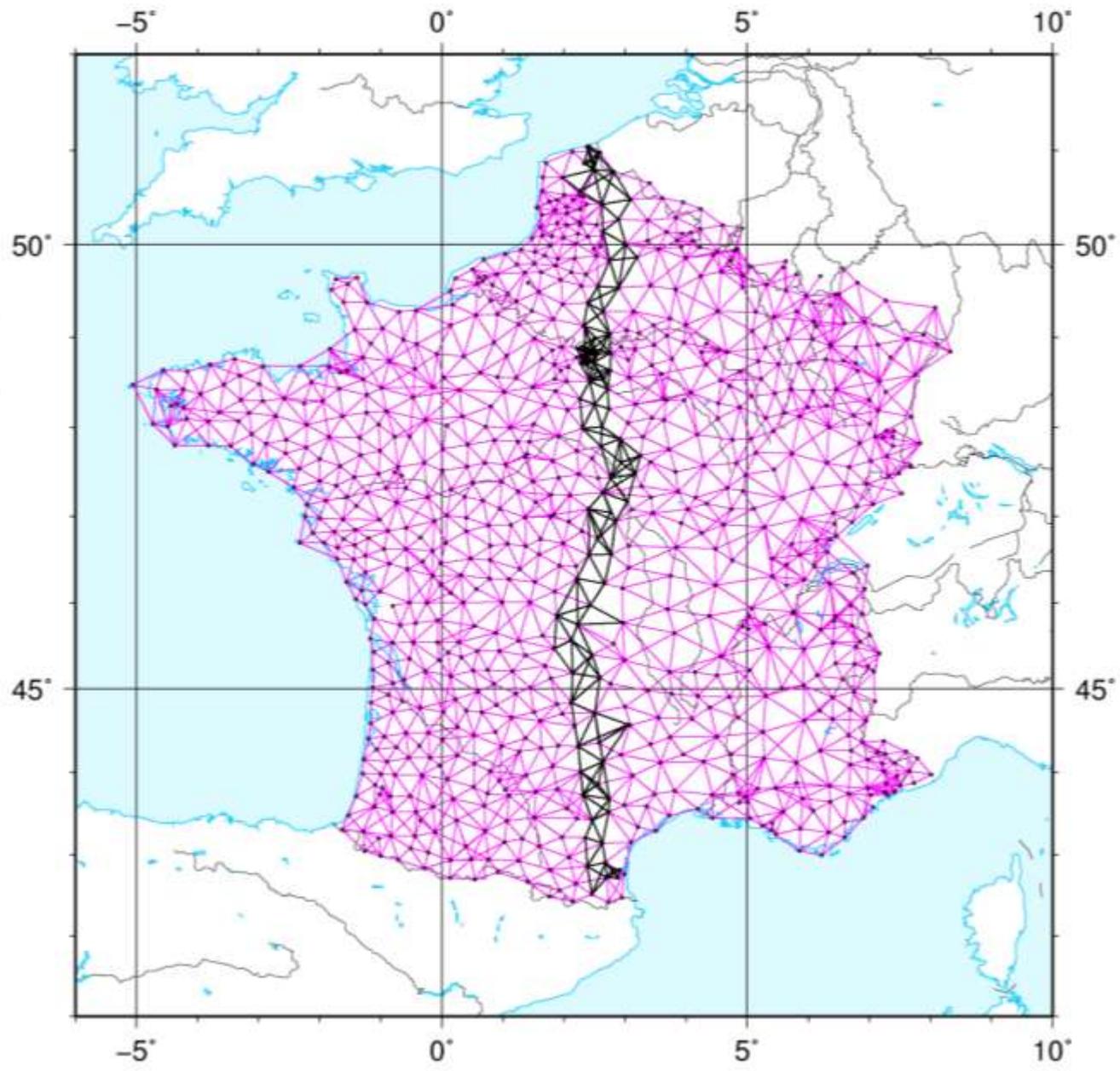
géoportail  
Conditions générales d'utilisation



## *La Nouvelle Triangulation de la France*



SAINTE-INGLEVERT 1



BREST 7

LOFONTAINE 5

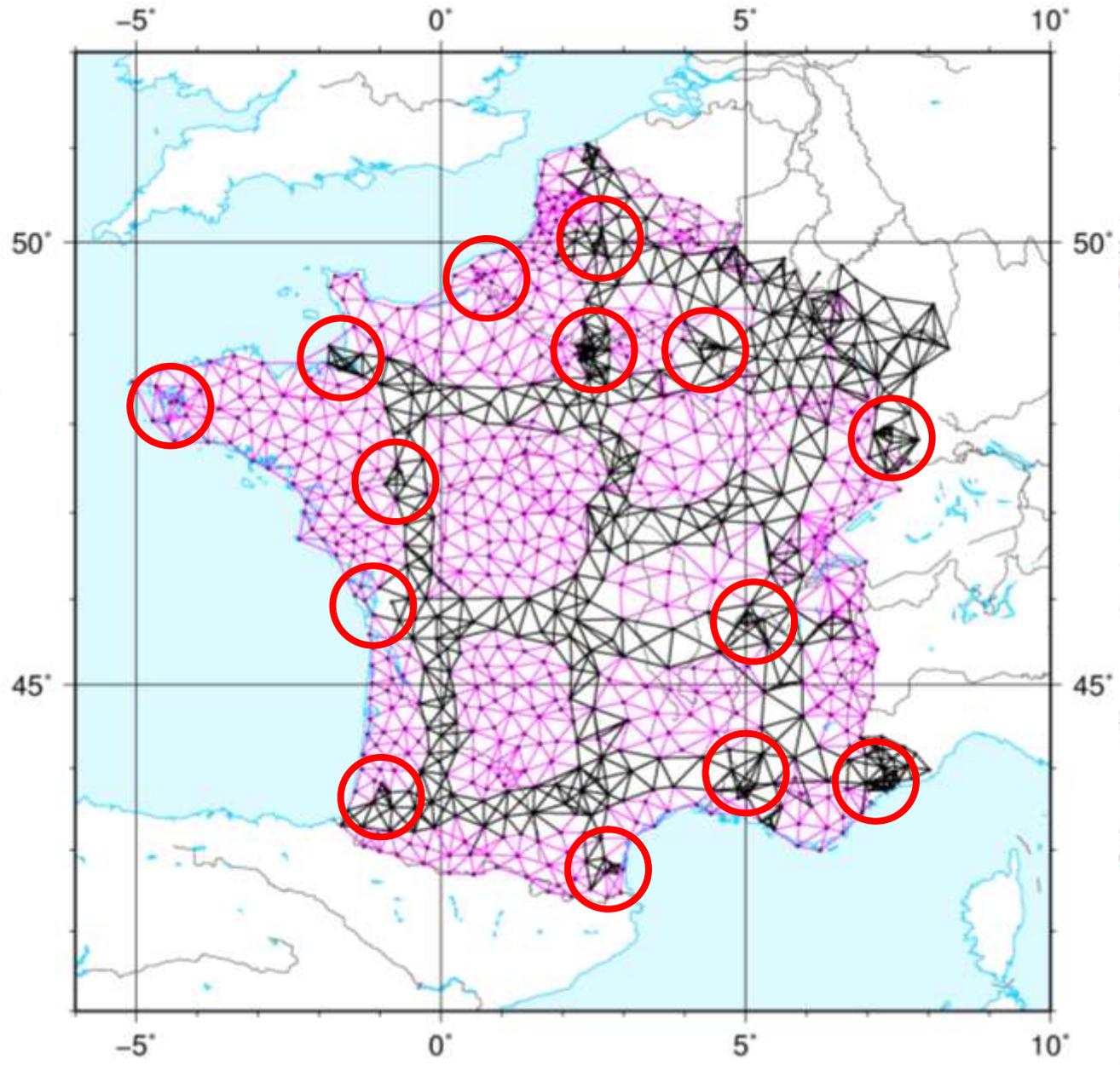
LS 3

FURIANI 1

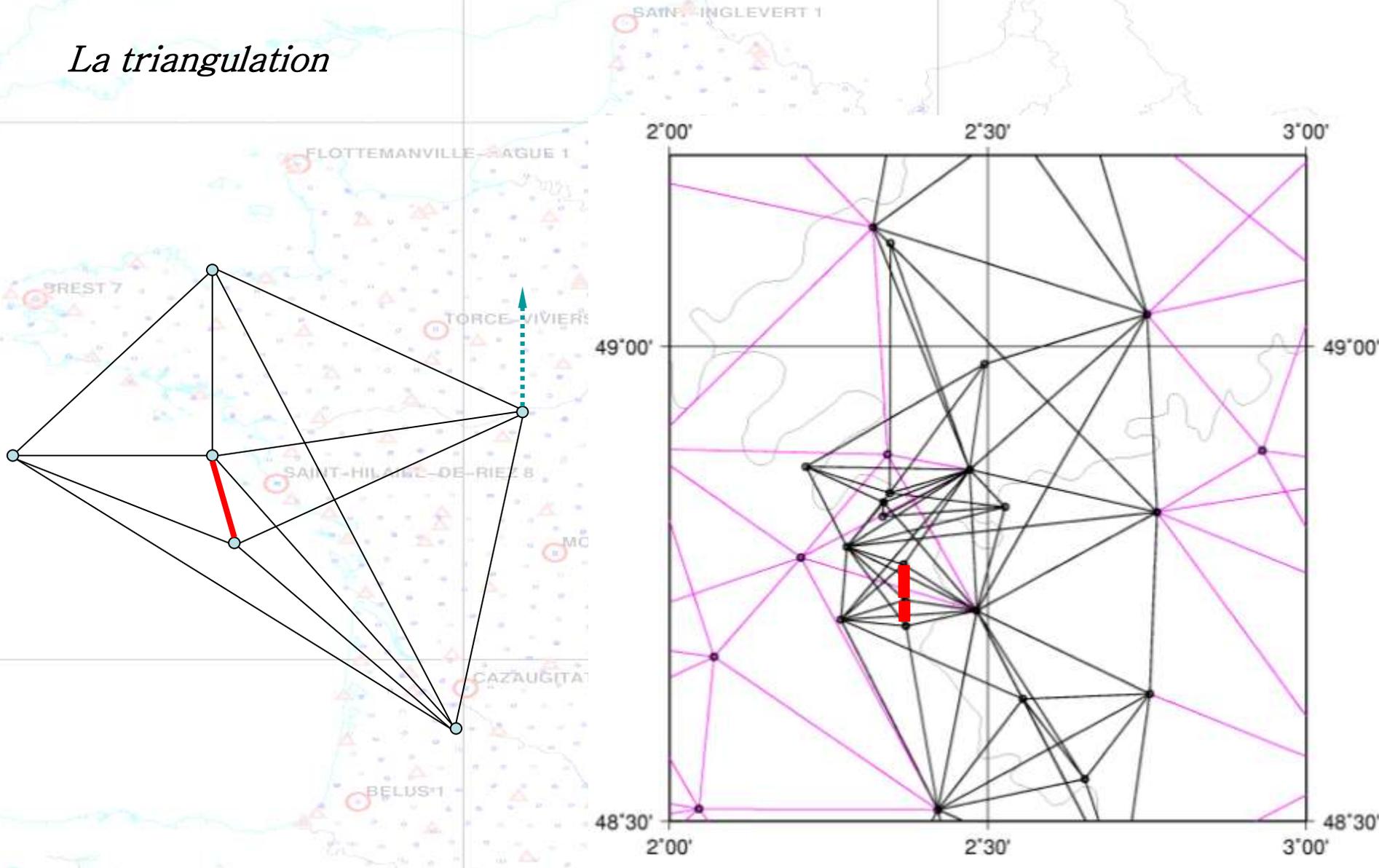
IACCIO 9



SAINTE-INGLEVERT 1



# La triangulation



PARIS Panthéon



## BASE DE PARIS TERME SUD

SAIN-INGLEVERT 1



SALSES-LE-CHATEAU 7

FURIANI 1

AJACCIO 9



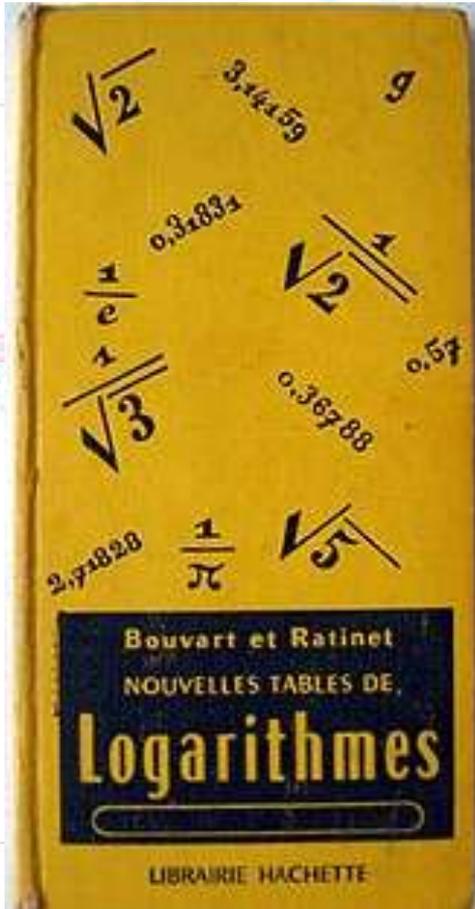
**6000701 (CLERMONT)**

## 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** :

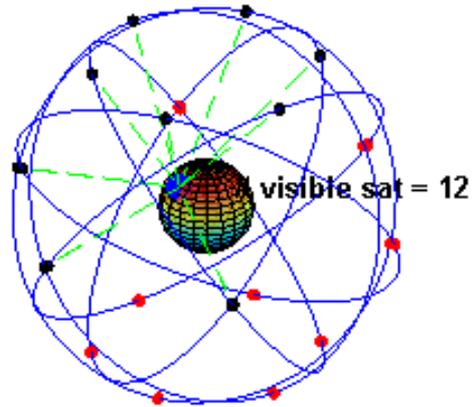
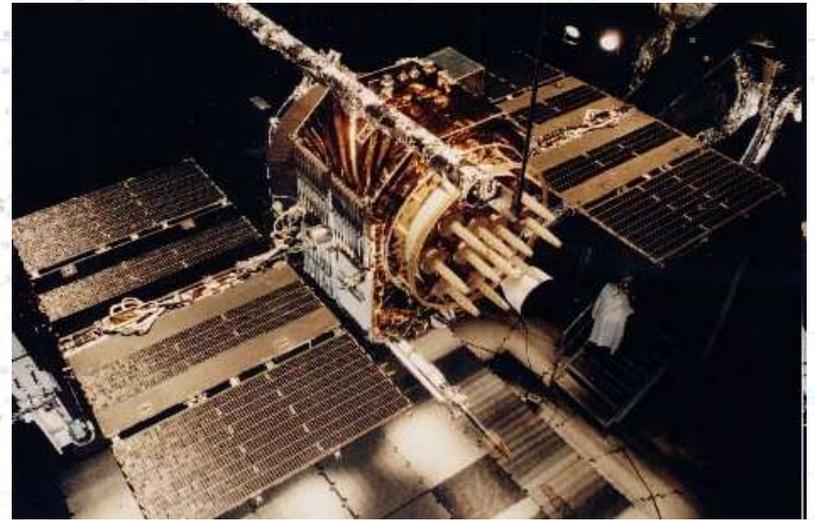
- longitudes, latitudes en grades
- Projection : X, Y Lambert I, II, III et IV

**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



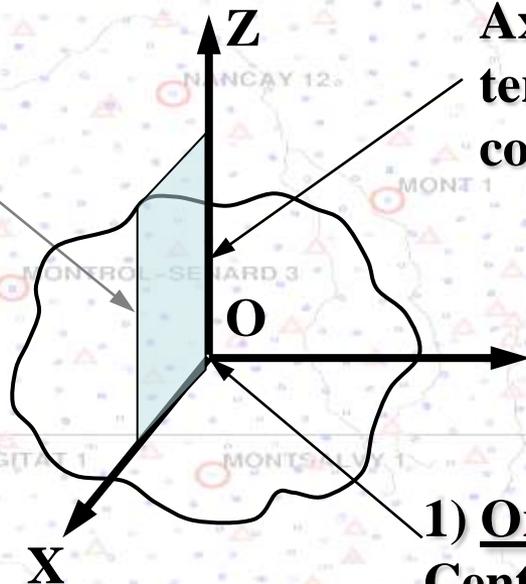
# Systeme de référence géocentrique

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

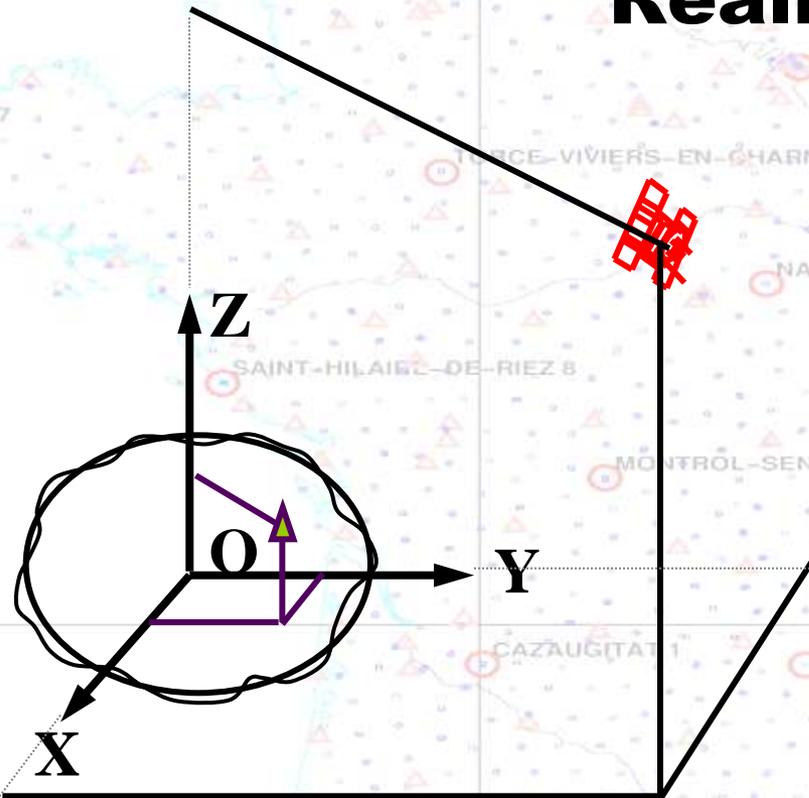
2) Axe OZ  
Axe de rotation  
terrestre  
conventionnel (CIO)

4) Axe OY  
OXYZ = trièdre direct

1) Origine O  
Centre de masse  
de la Terre

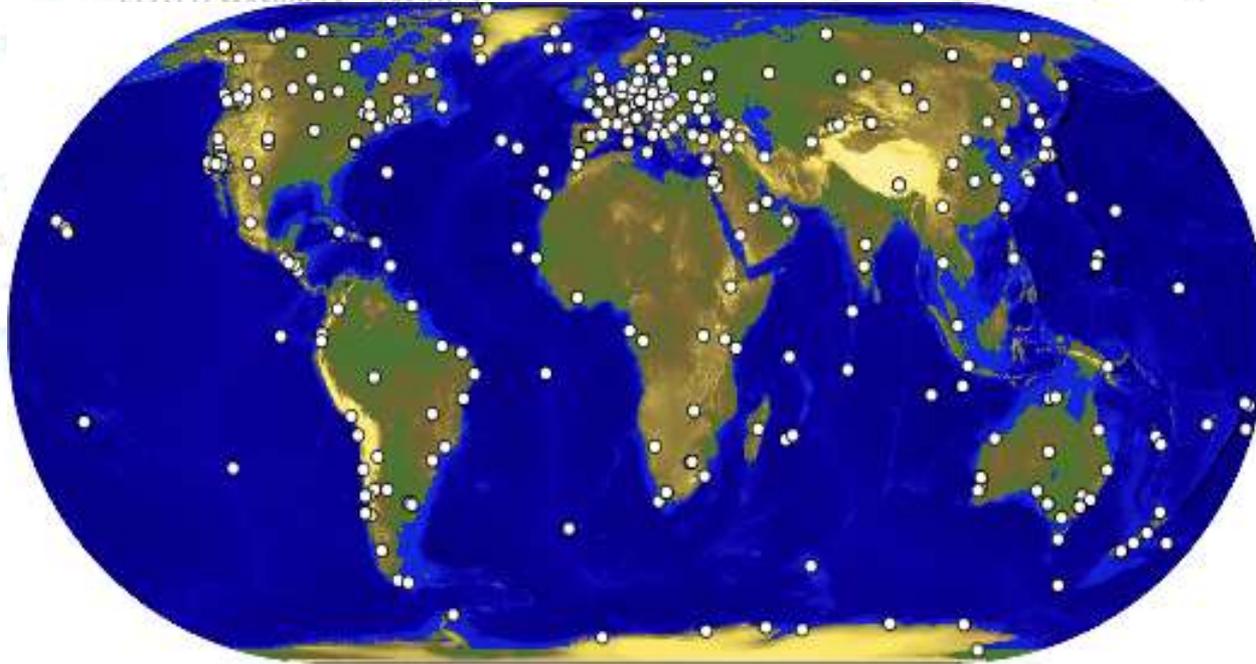


# Systeme de référence géocentrique : Réalisation



- 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)

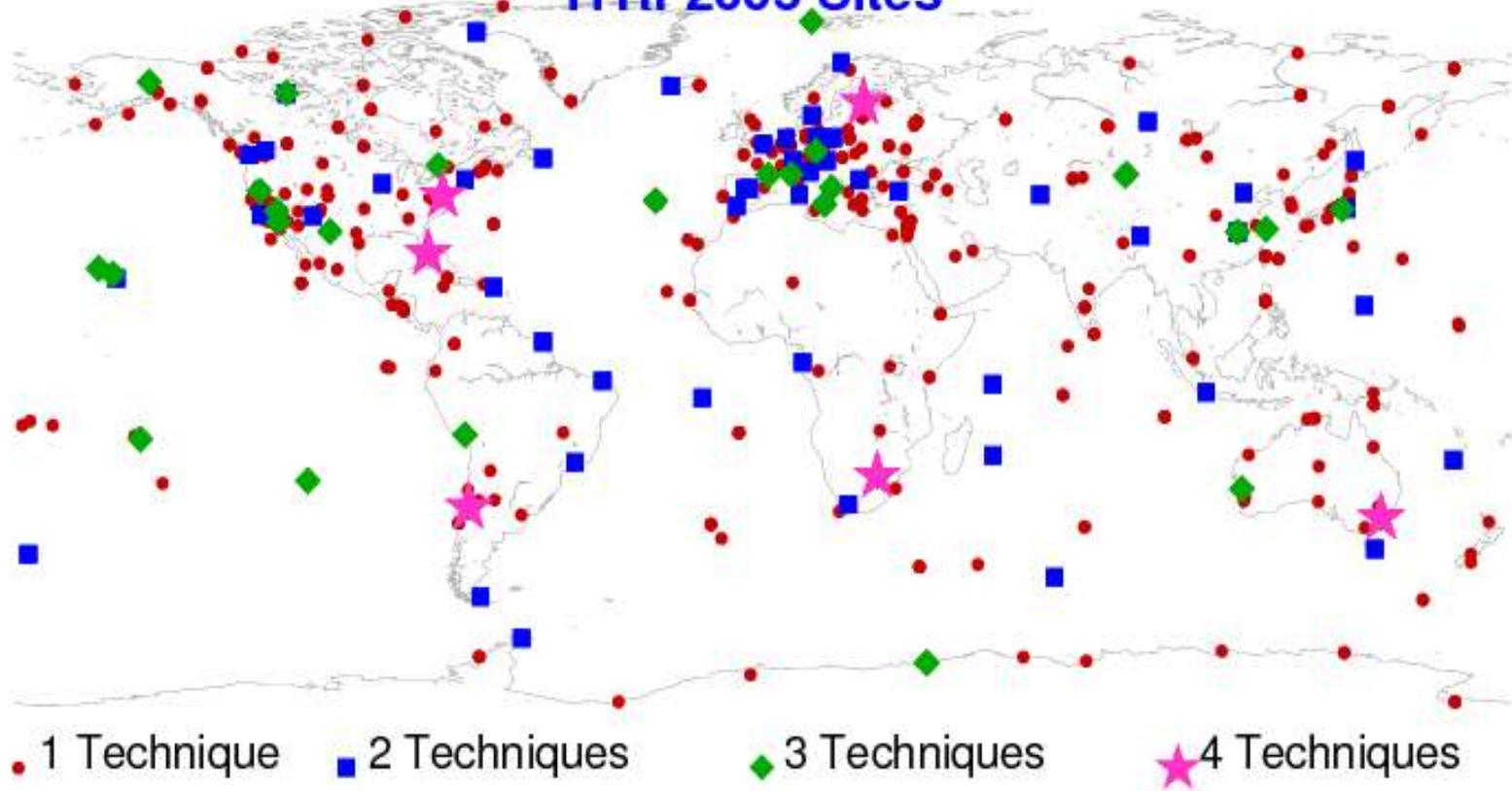


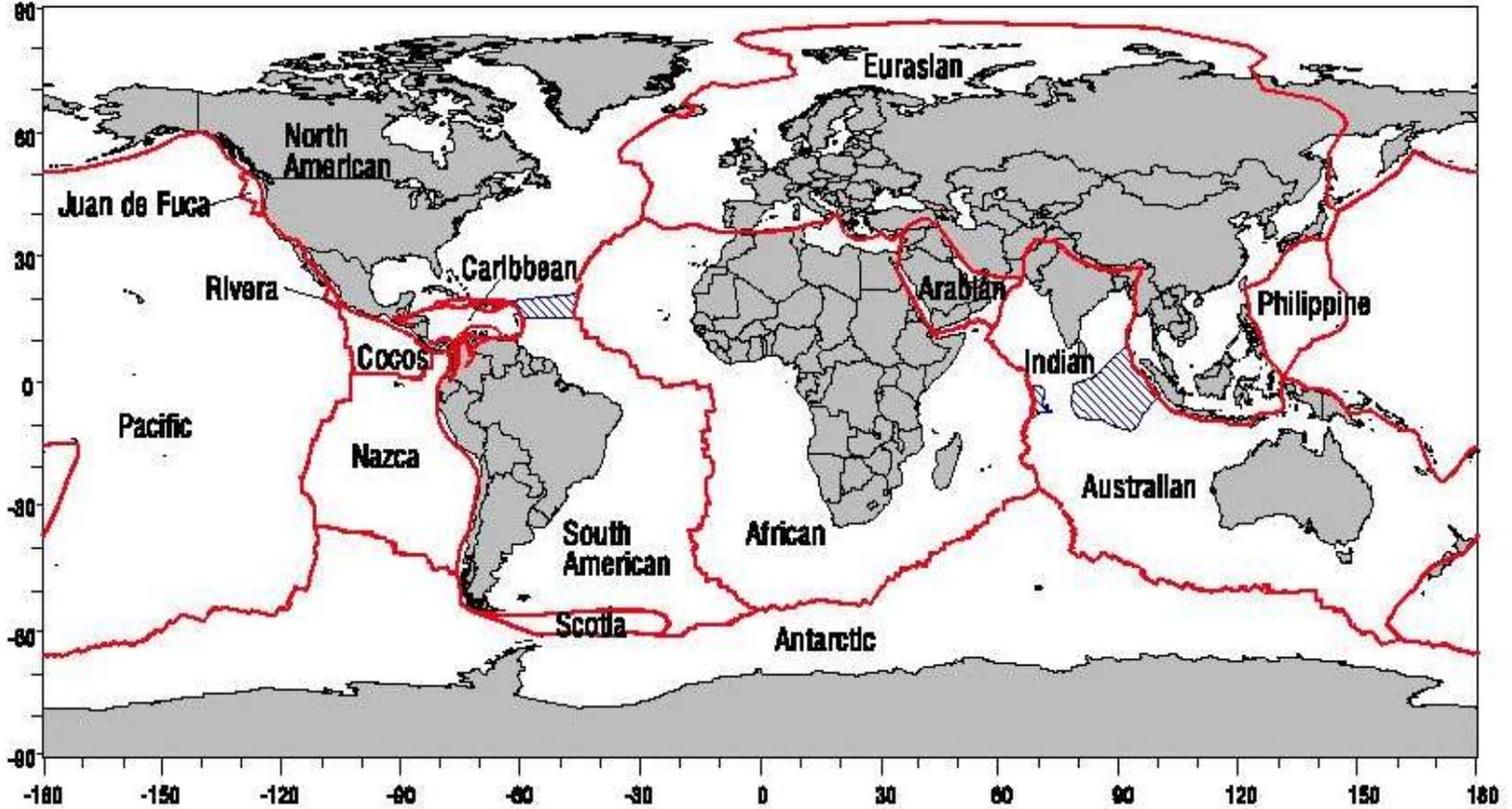
GNSS 2009 Jan 31 18:47:09

- 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

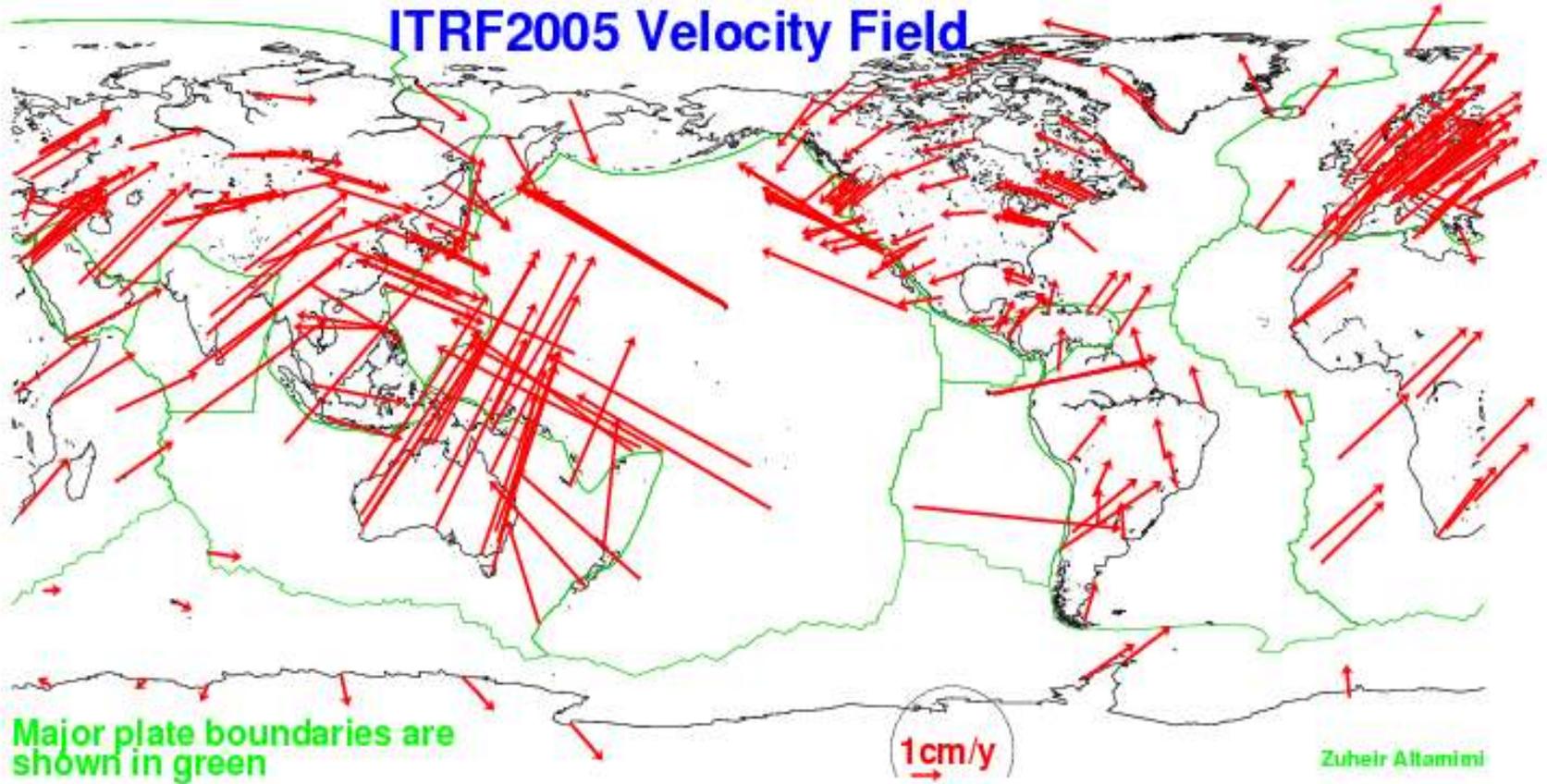




## Present-day Major Tectonic Plates and Plate Boundaries

\*Several minor plates not shown

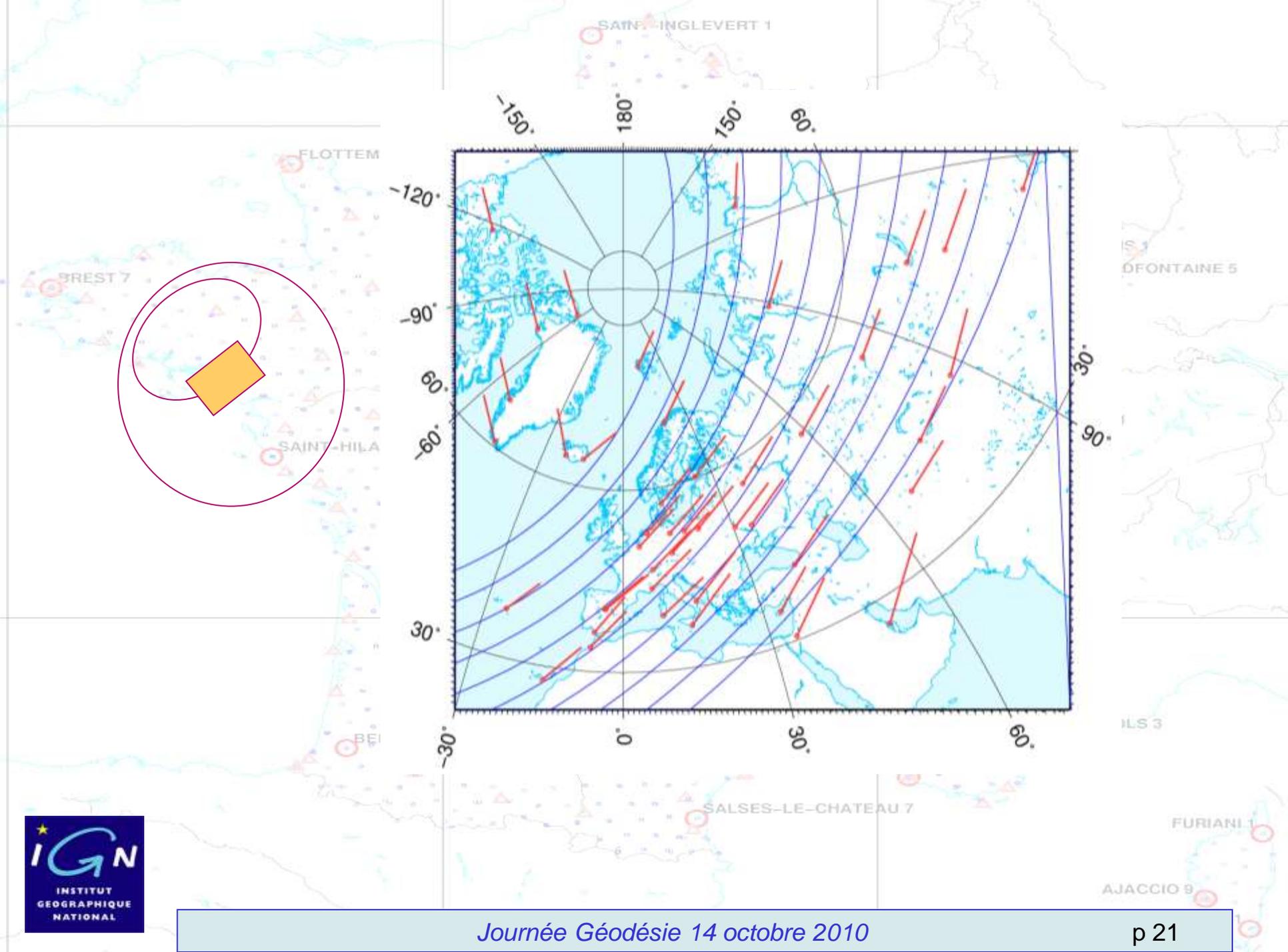
# ITRF2005 Velocity Field



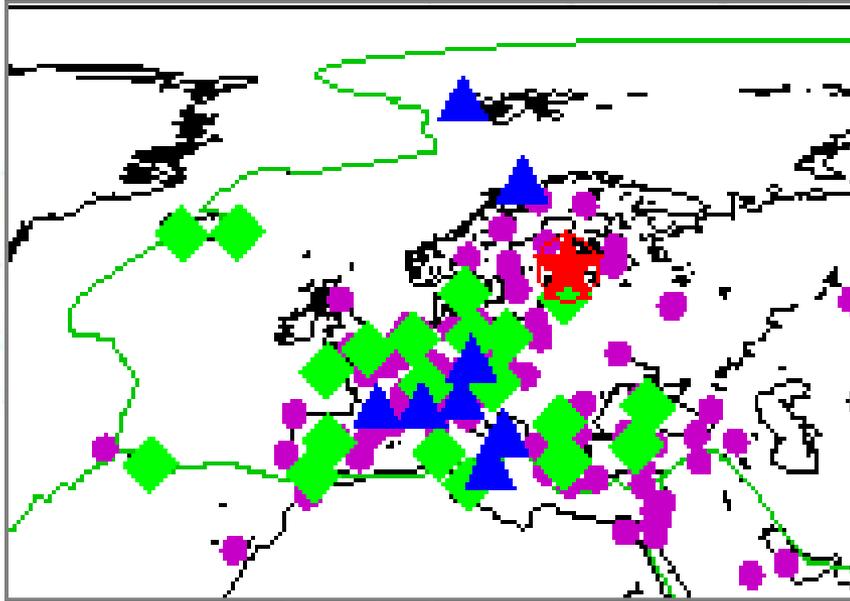
Major plate boundaries are shown in green

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**

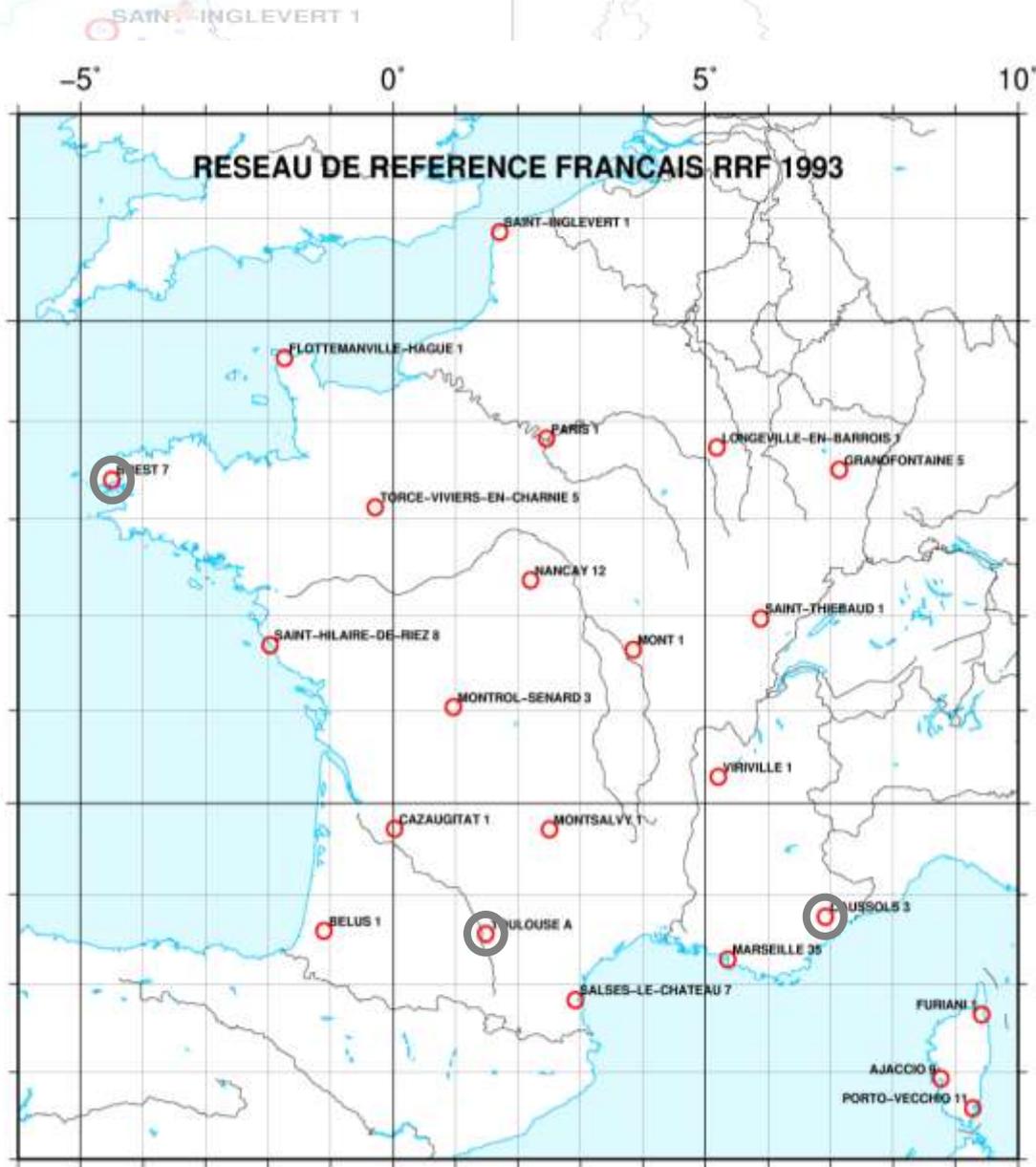
**1<sup>ère</sup> réalisation**

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

**Solution RRF93.1  
(ETRF93)**

 GPS

 VLBI



**RGF93**

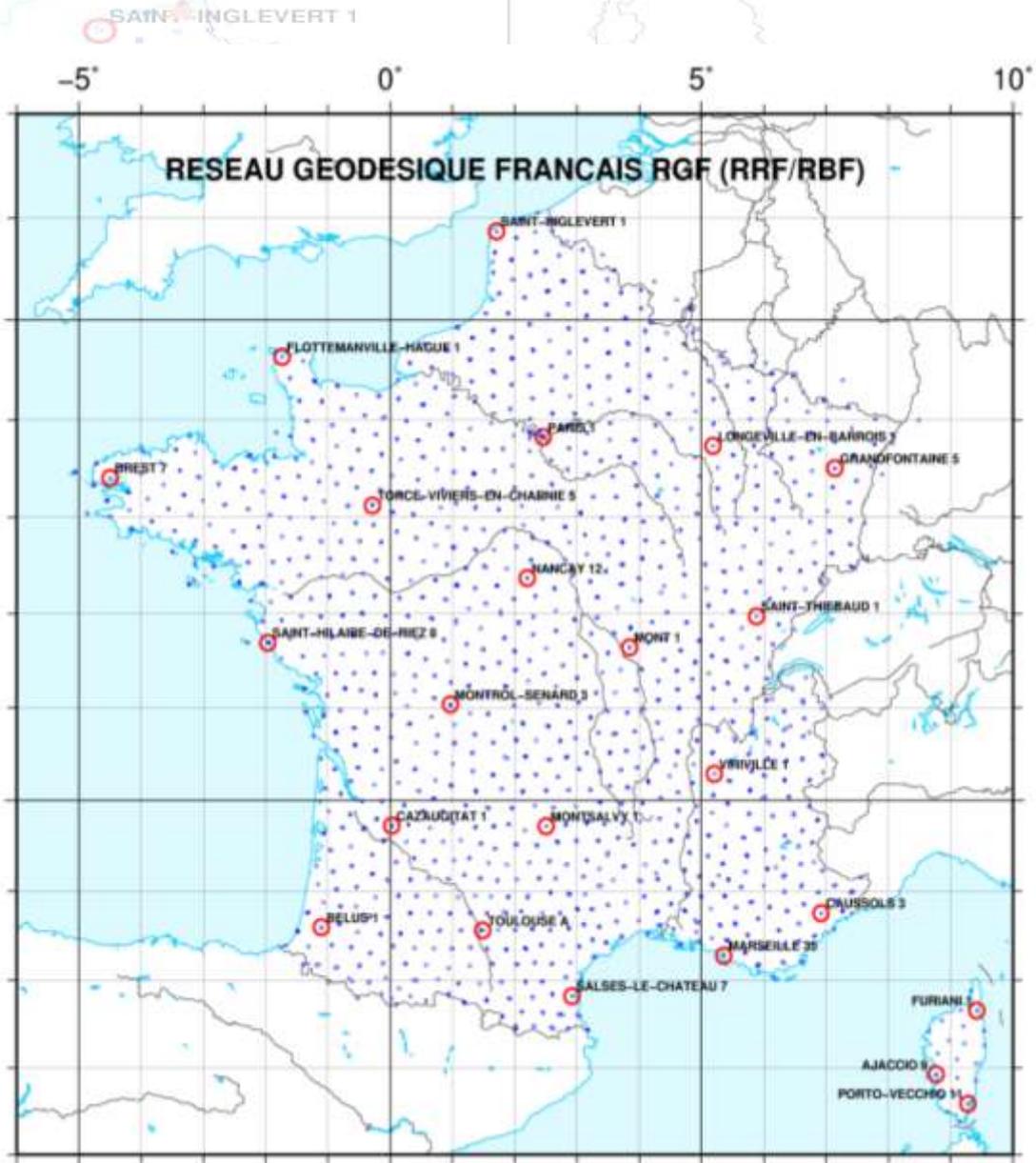
**densification**

**Réseau de Base  
Français (RBF)**

**~1000 sites**

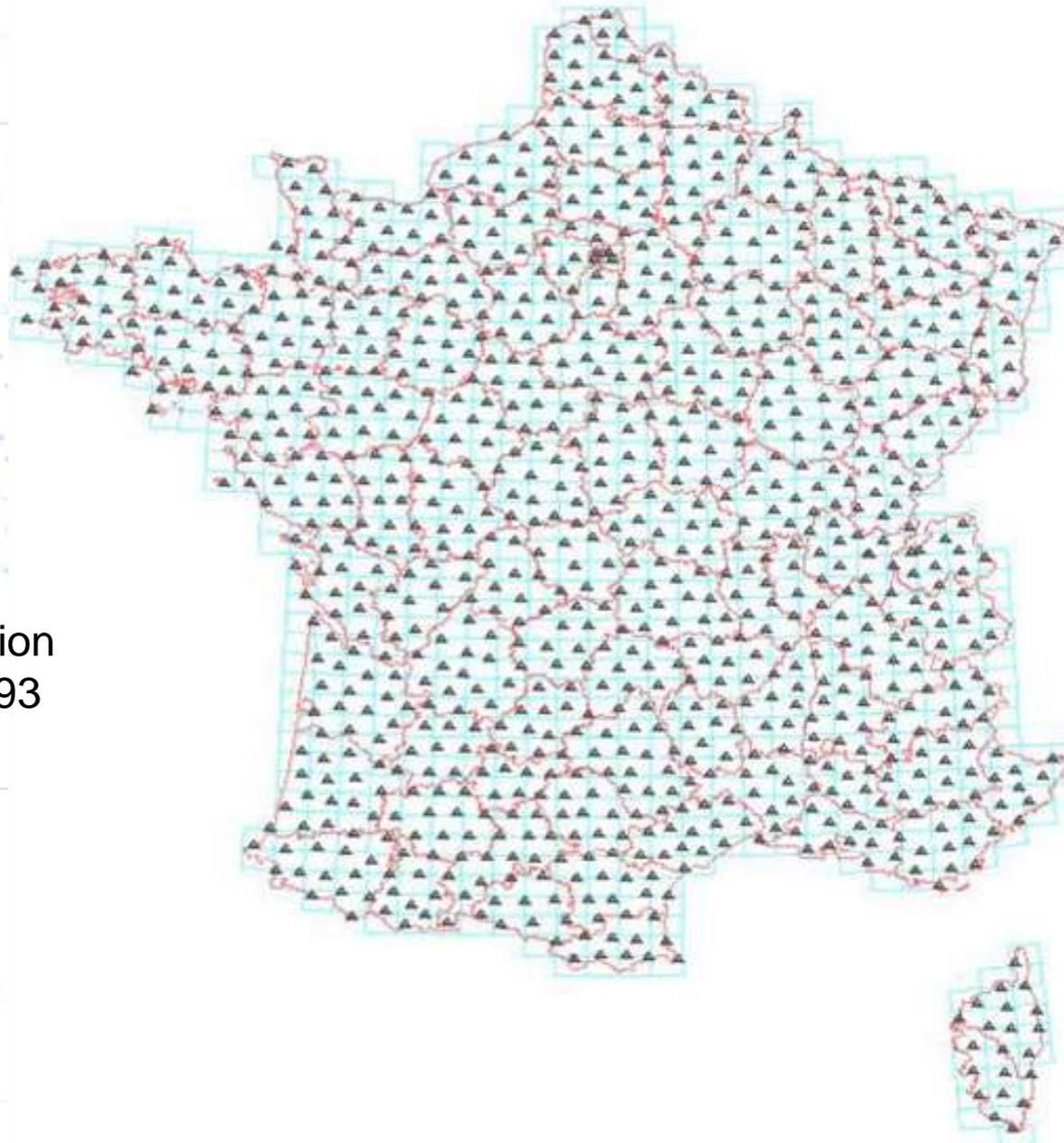
**Observations : 1994-1996**

**PUBLICATION RGF93 : 1997**

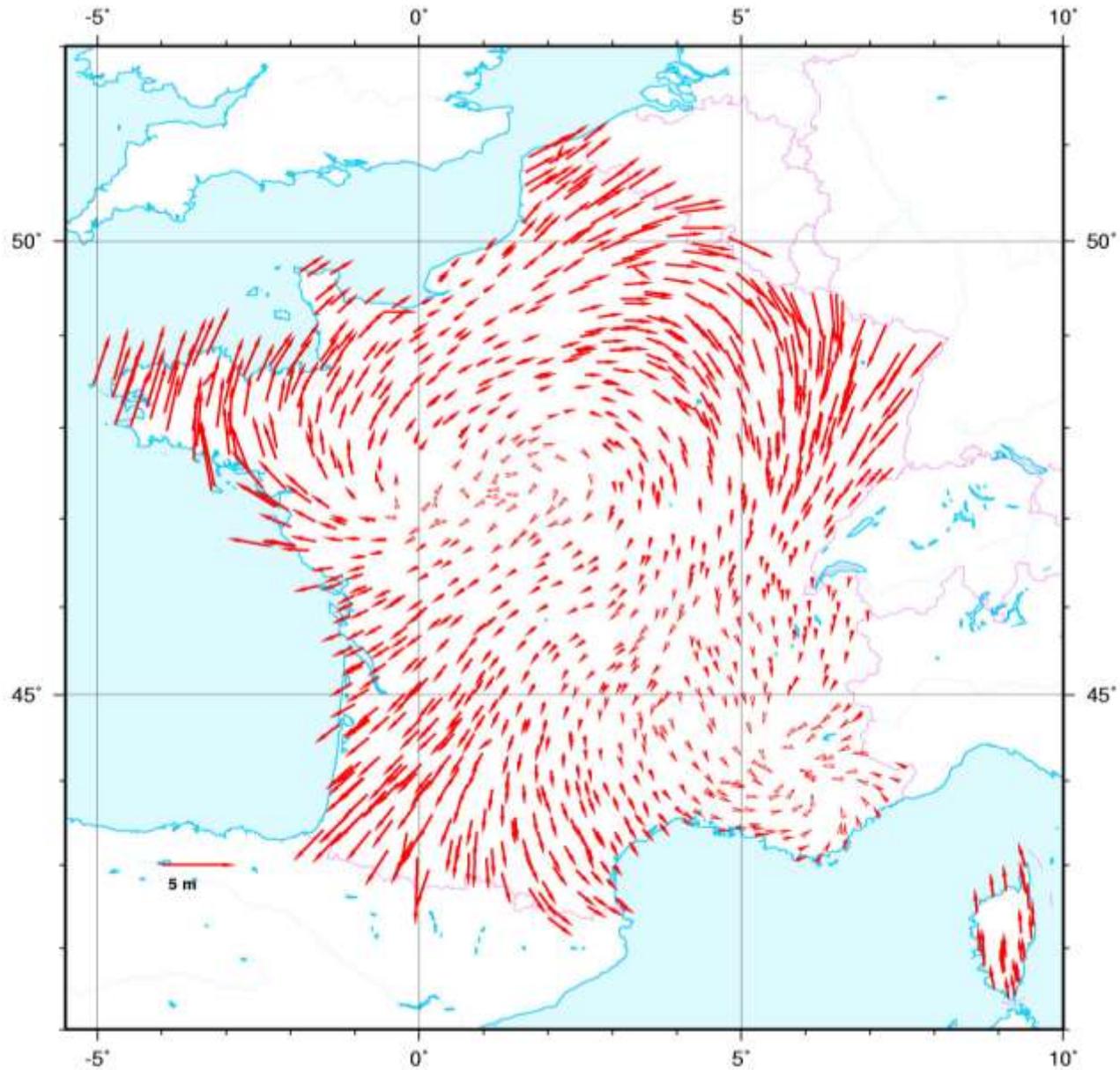




Co-localisation  
NTF – RGF93



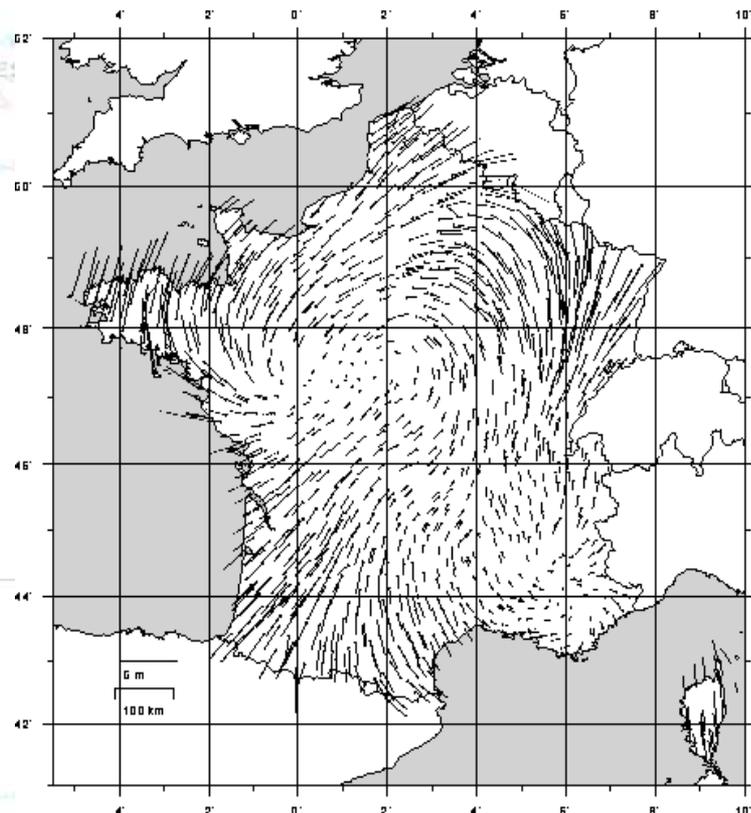
# NTF → RGF93 : écarts à une transformation standard



# Transformation NTF RGF93 : modélisation

NTF → RGF93

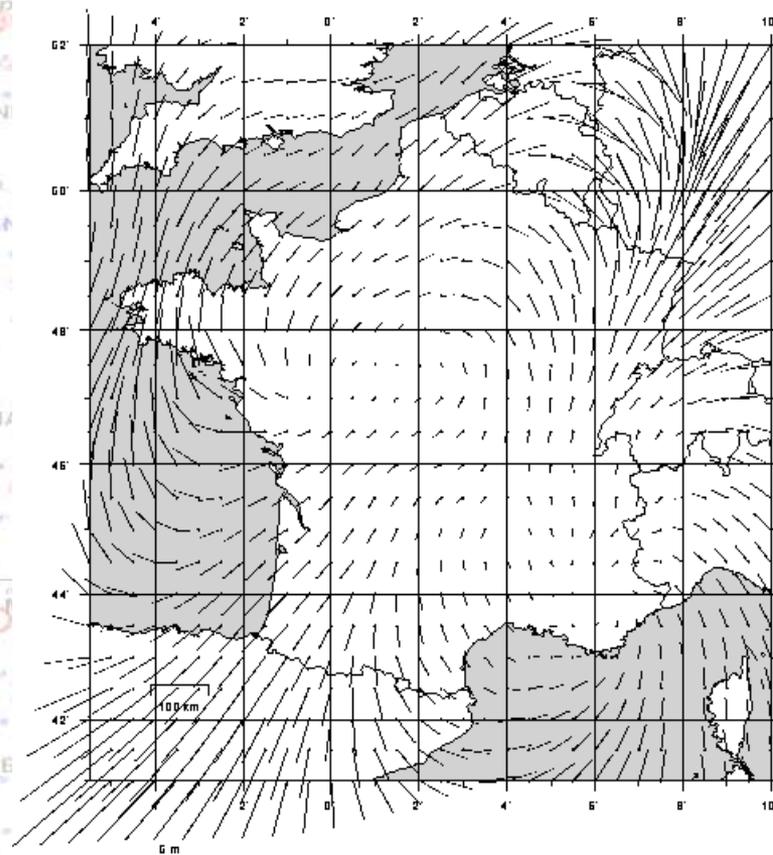
ECARTS A LA TRANSFORMATION STANDARD



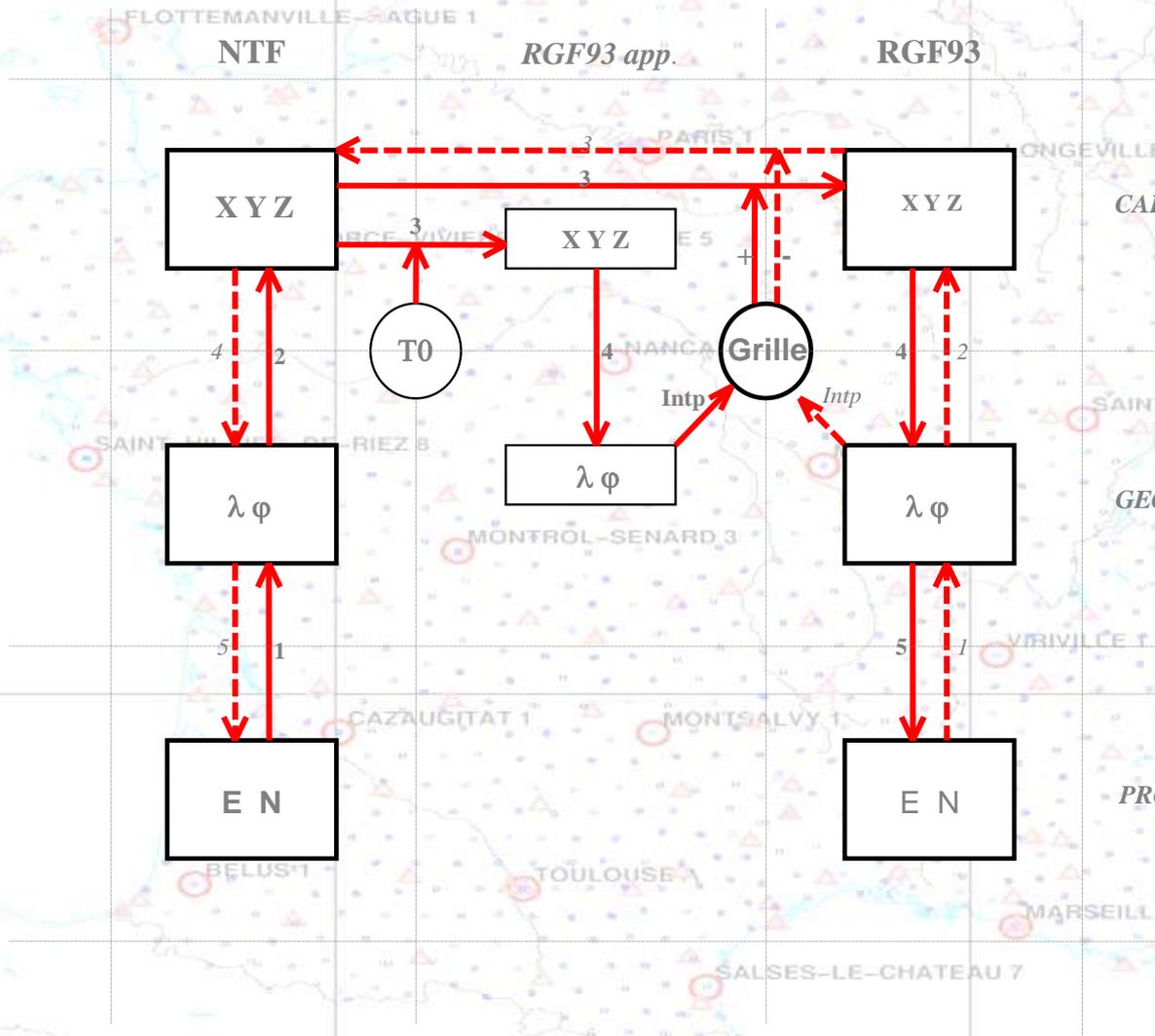
NTF → RGF93

ECARTS A LA TRANSFORMATION STANDARD

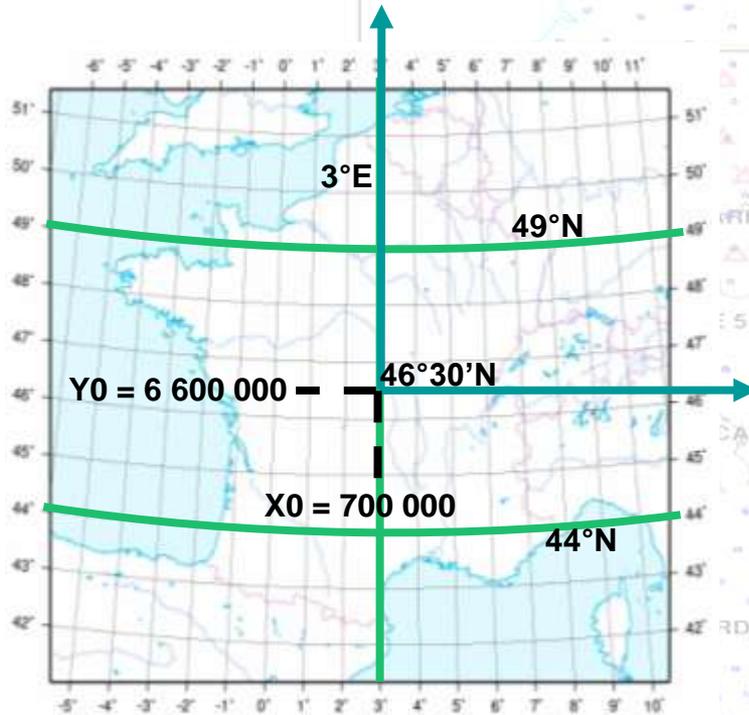
(GRILLE DE PARAMETRES)



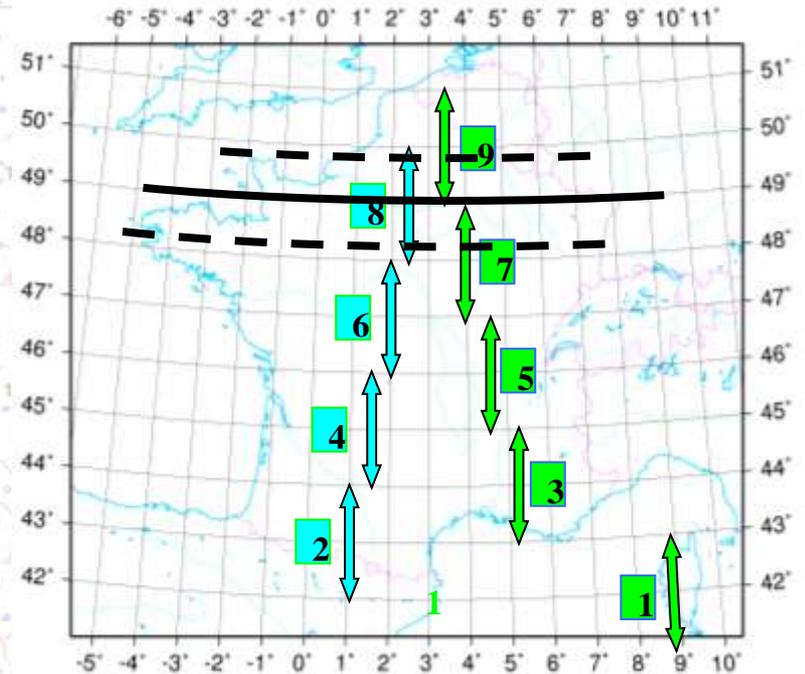
# NTF ↔ RGF93 : schéma de transformation



# 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)  Unité Grades

N(m)

Hauteur Ellipsoïdale  Altitude  Méridien Origine Paris

Composante Verticale (mètres)

Système altimétrique IGN69

Système d'arrivée

RGF93 Type Planes Projection LAMBERT-93

E(m)  Unité Degrés Minutes Secondes

N(m)

Hauteur Ellipsoïdale(m)  Altitude  Méridien Origine Greenwich

Convergence des méridiens  Altération linéaire  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)**

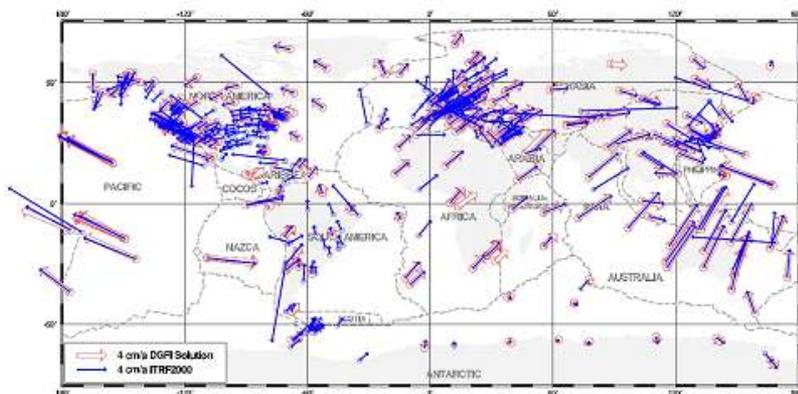
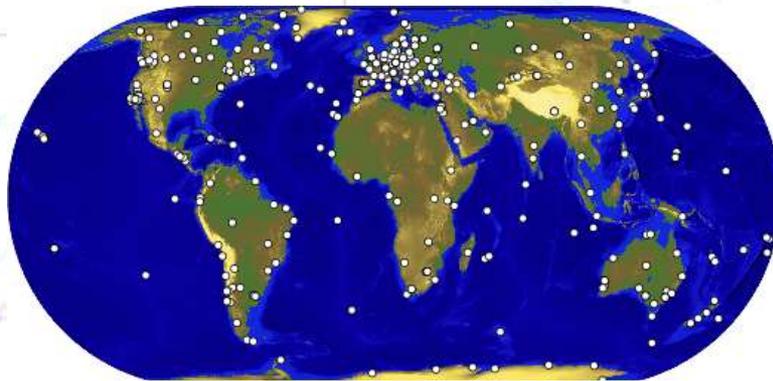
SAINTE-INGLEVERT 1



BREST 7

AJACCIO 9

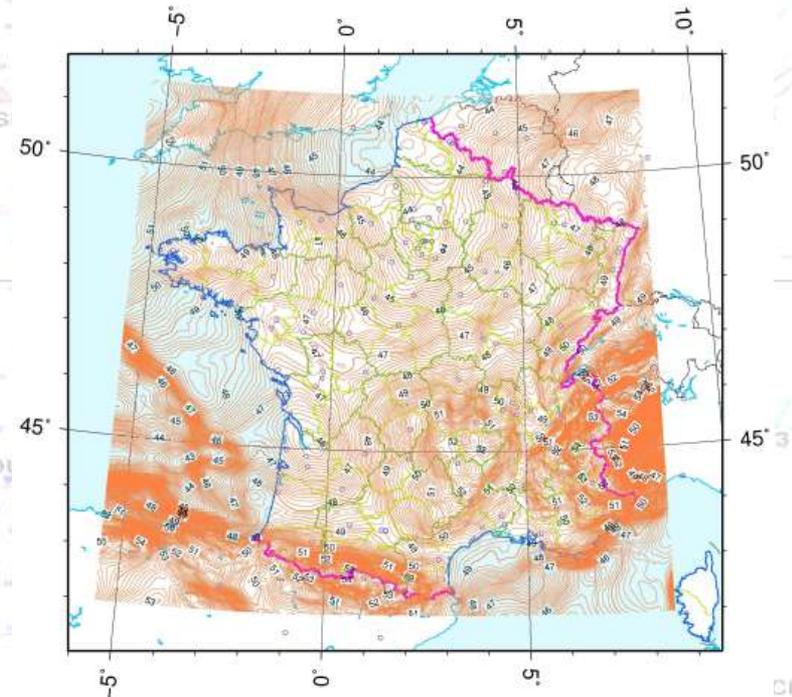
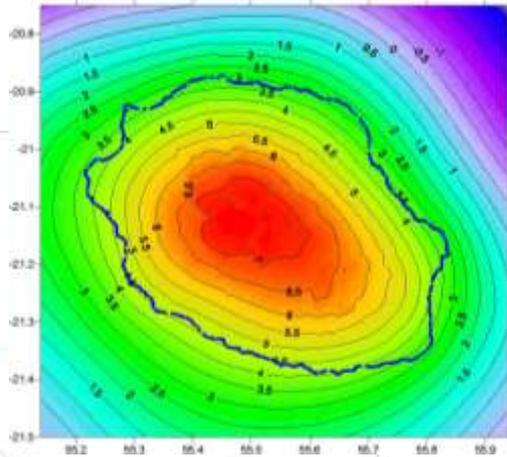
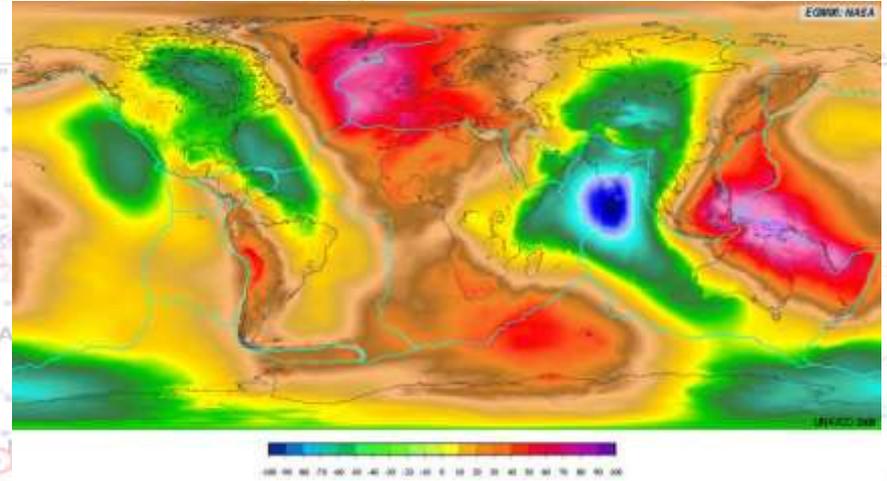
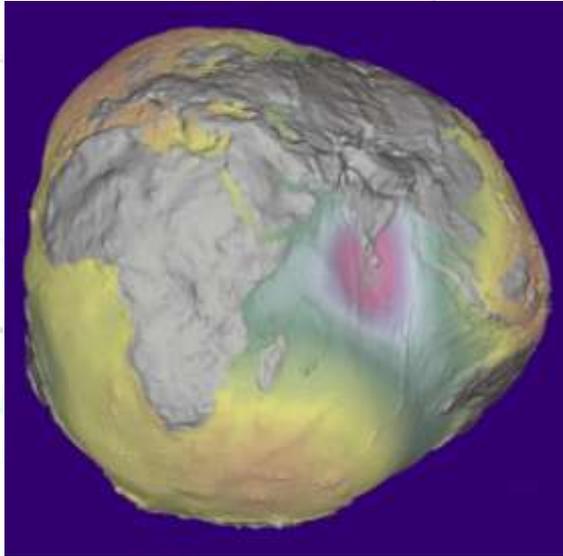
# Du global ... à l'européen ... et au national (1)



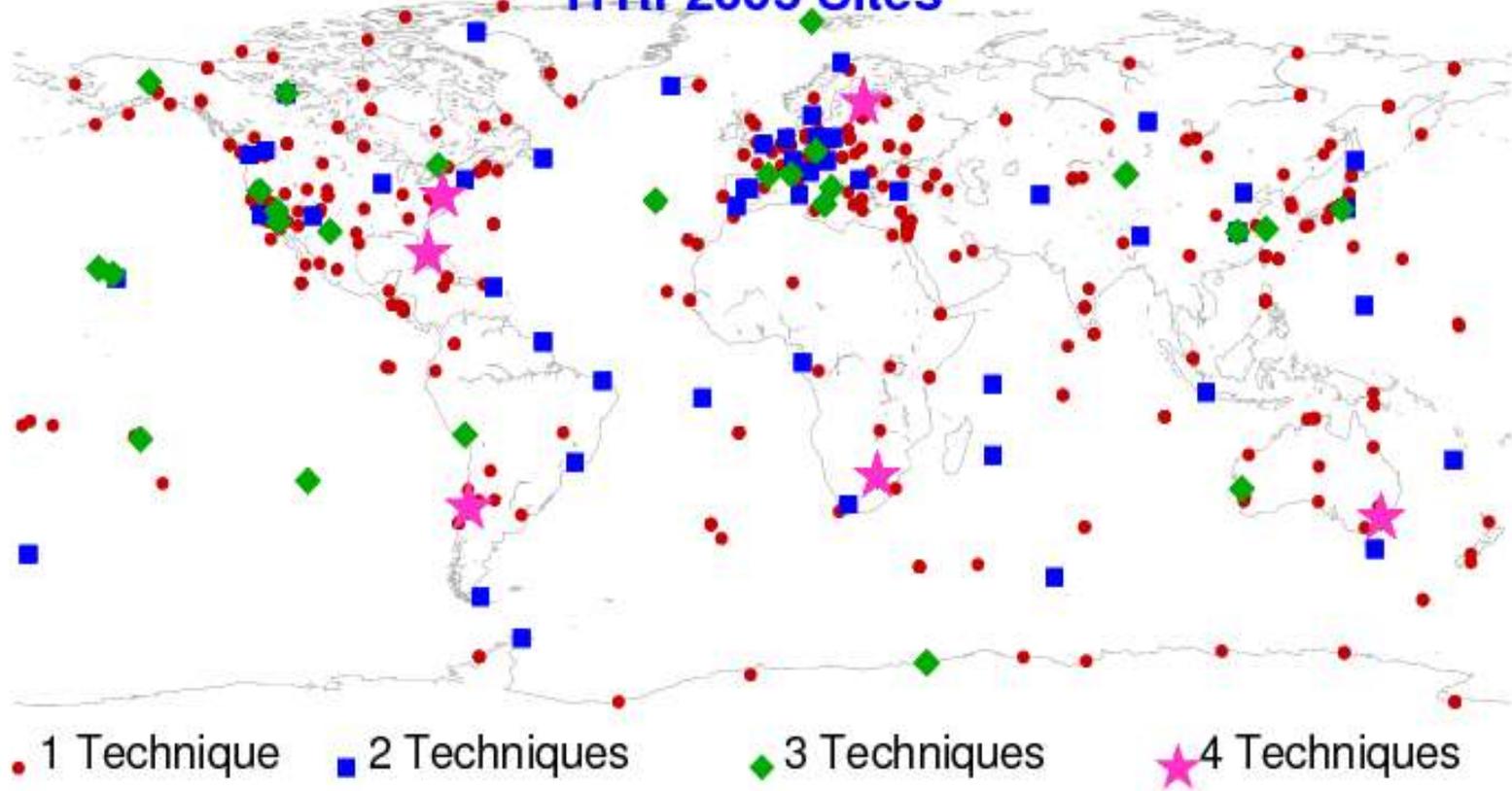
EUREF Permanent Tracking Network



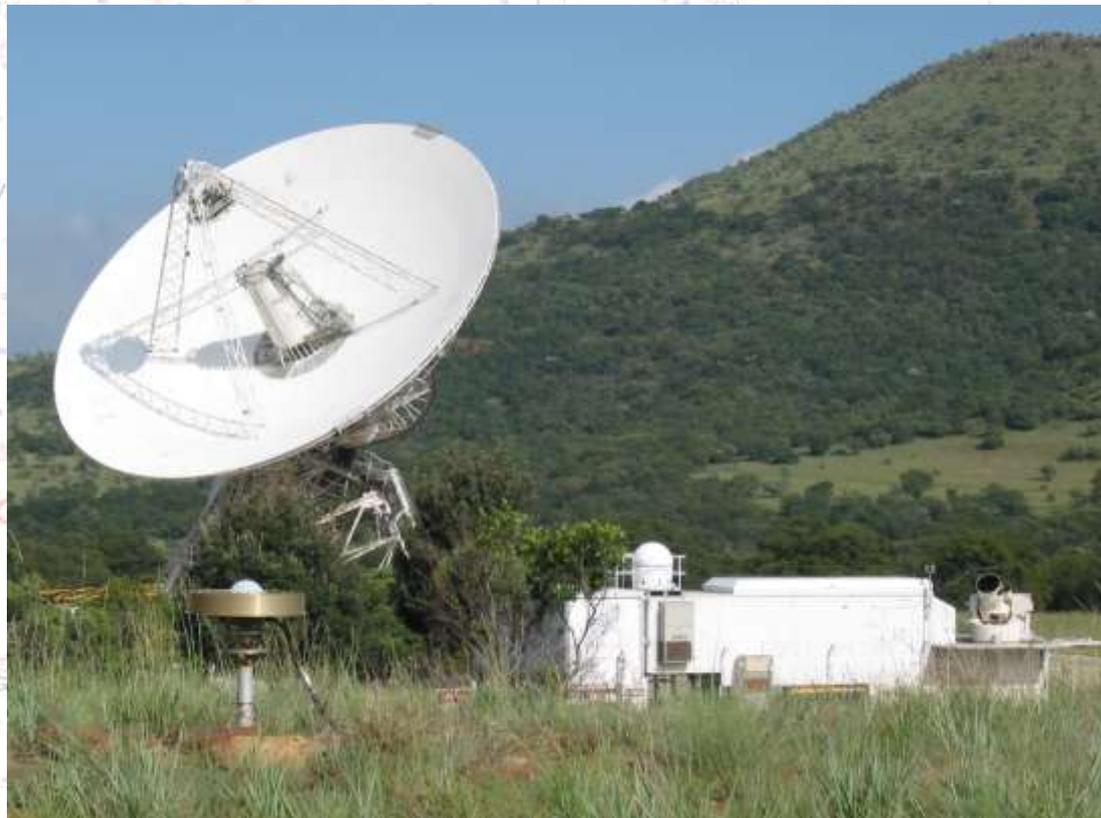
# Du global ... à l'européen ... et au national (2)



# ITRF2005 Sites



# ITRF : co-localisation des techniques



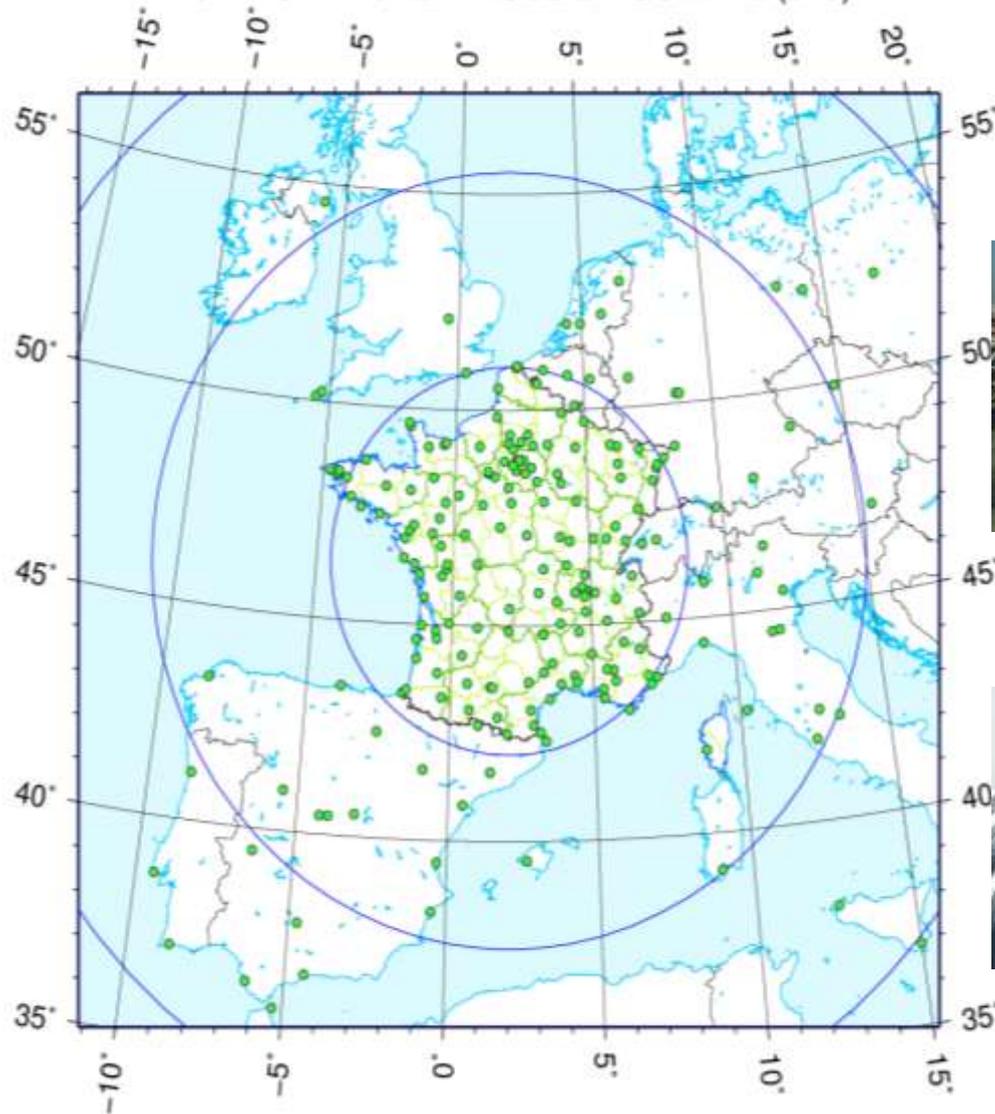
Réseau  
GNSS  
Permanent

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
- ...

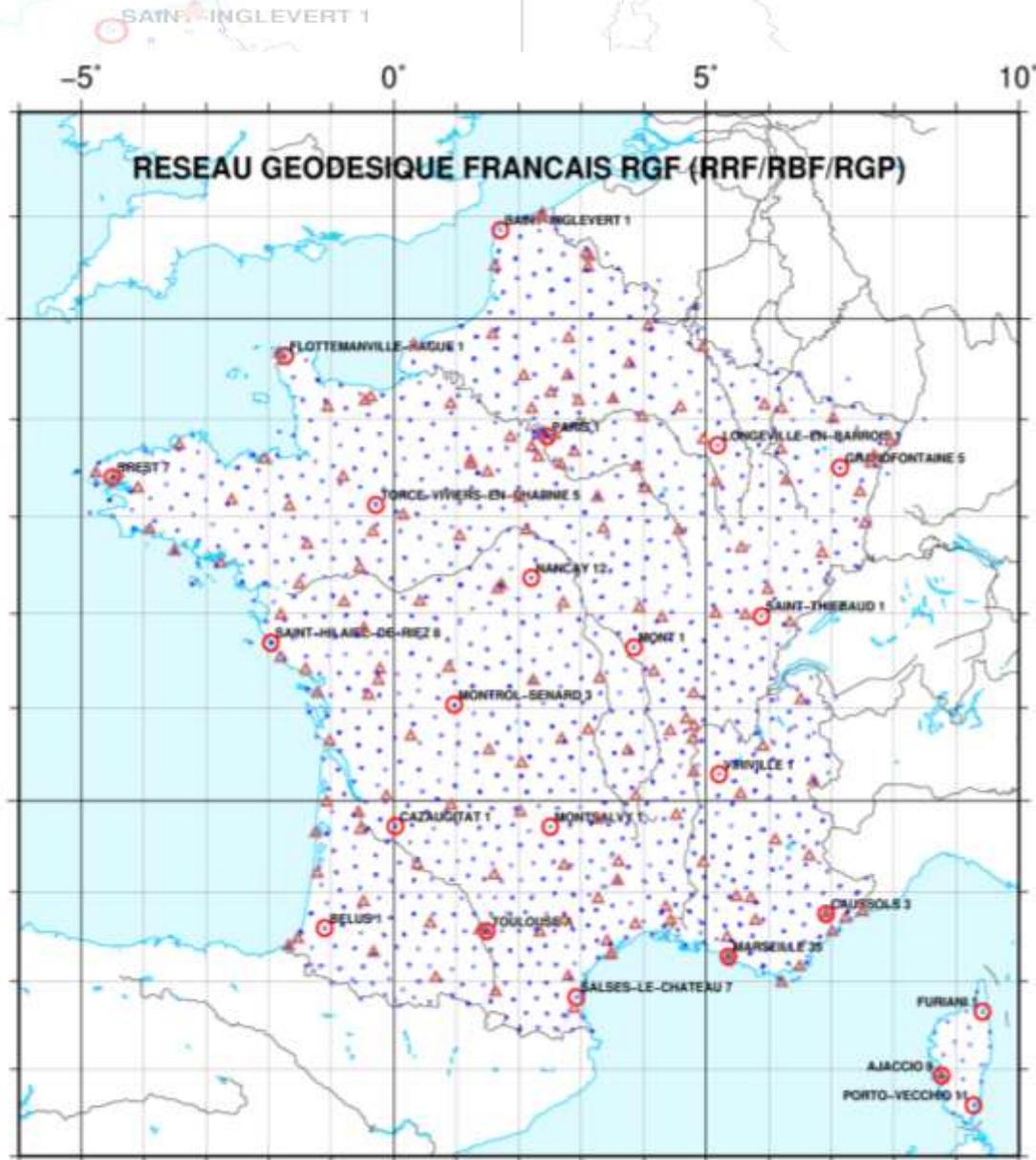
## RGF93

Accès 2009 :

- RBF (dont RRF)
- RGP

Exactitude  
centimétrique

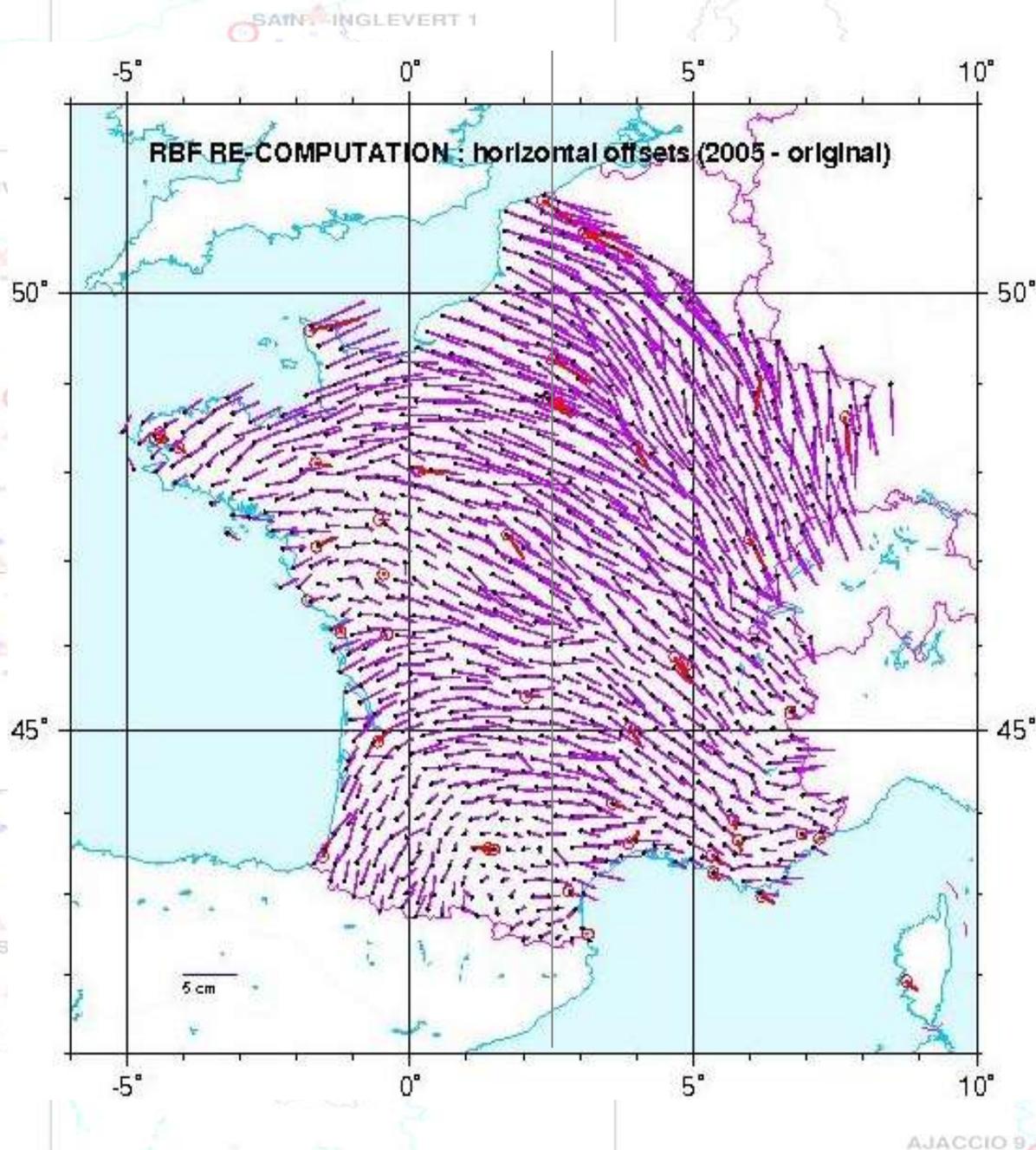
< 5 cm



# Re-calcul du RBF (2004)

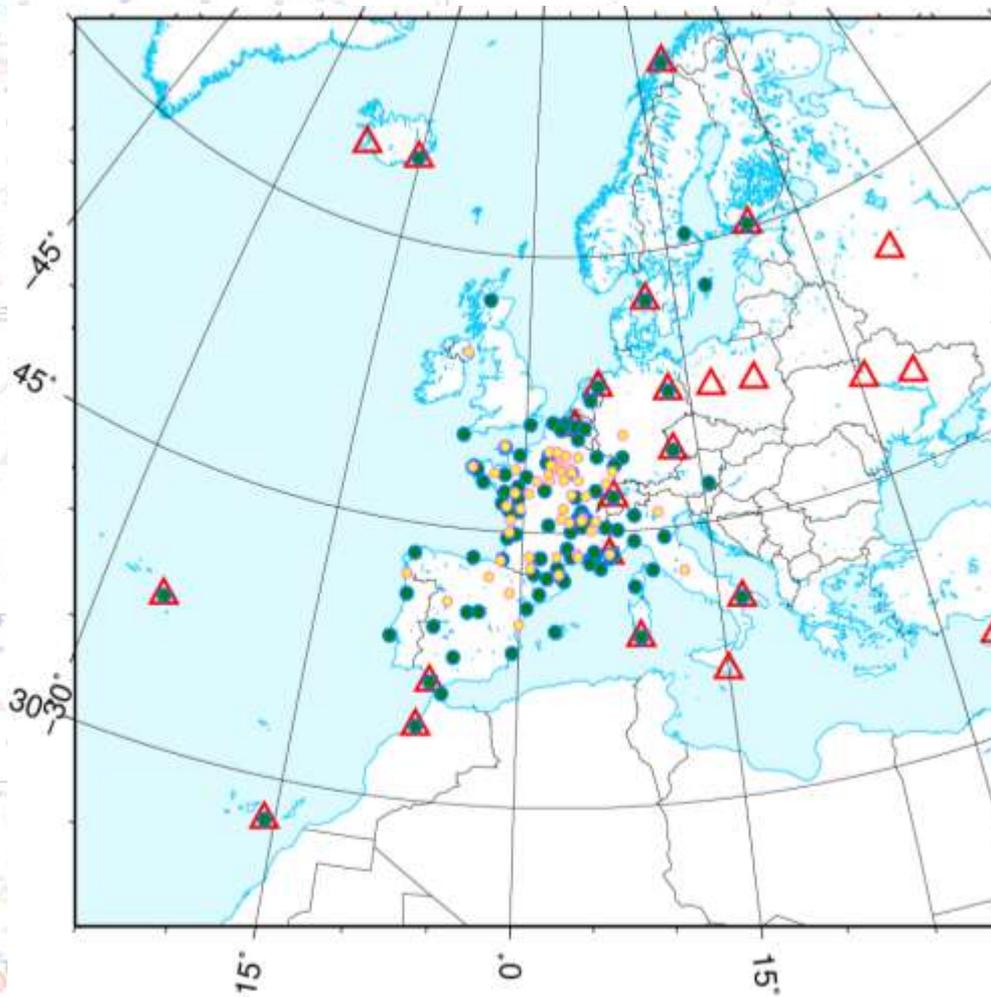
Bernese 4.2  
Stations permanentes  
européennes

Écart horizontal

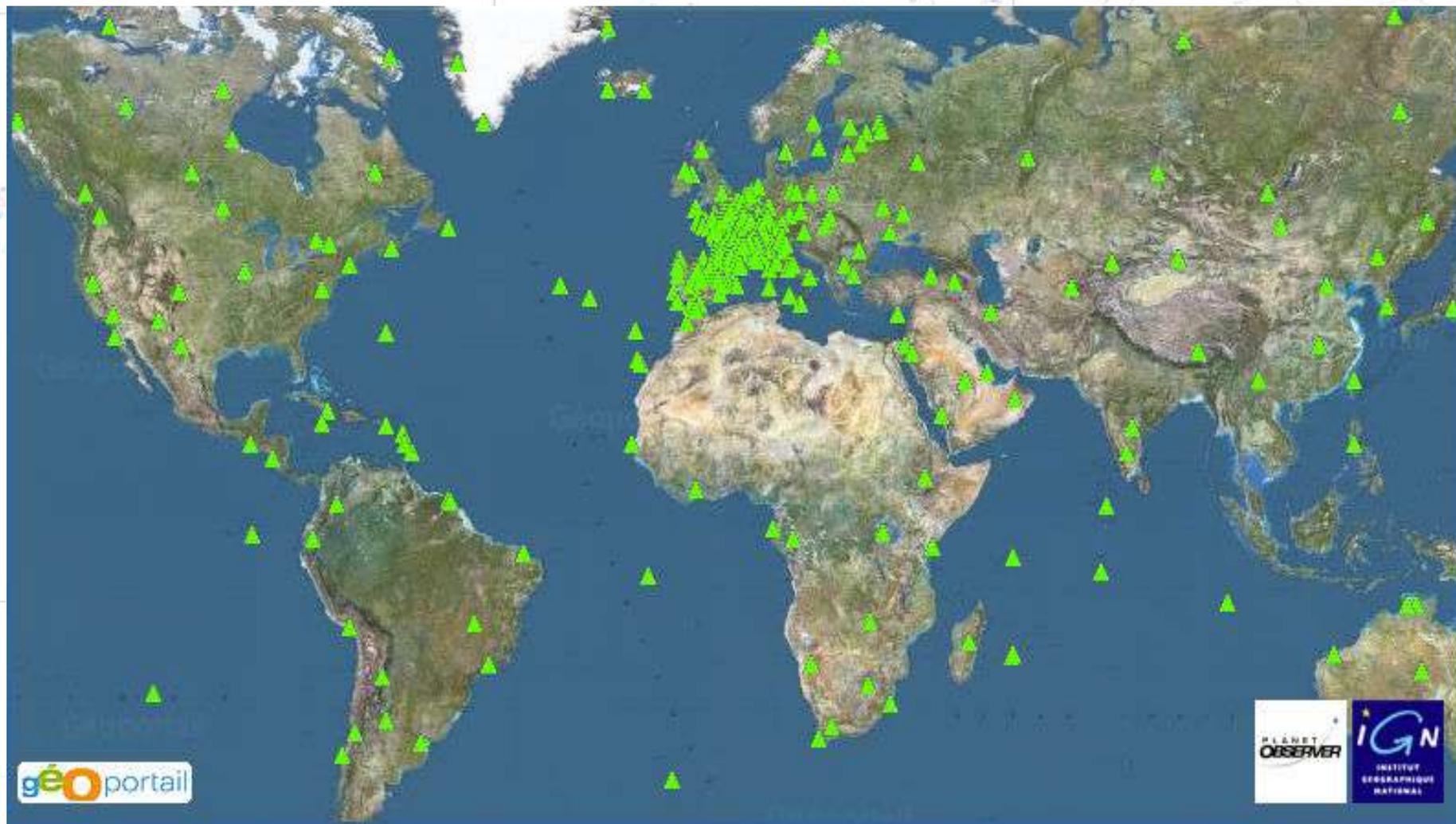


# Re-calcul du RGP 1998-2009

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



# Des solutions journalières continues ...

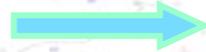


# Re-calcul du RGP 1998-2009

Coordonnées et vitesses

=> ETRS89 (2009.0)

ITRF2005  
IGS05



ETRS89 (etrf2000)

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

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

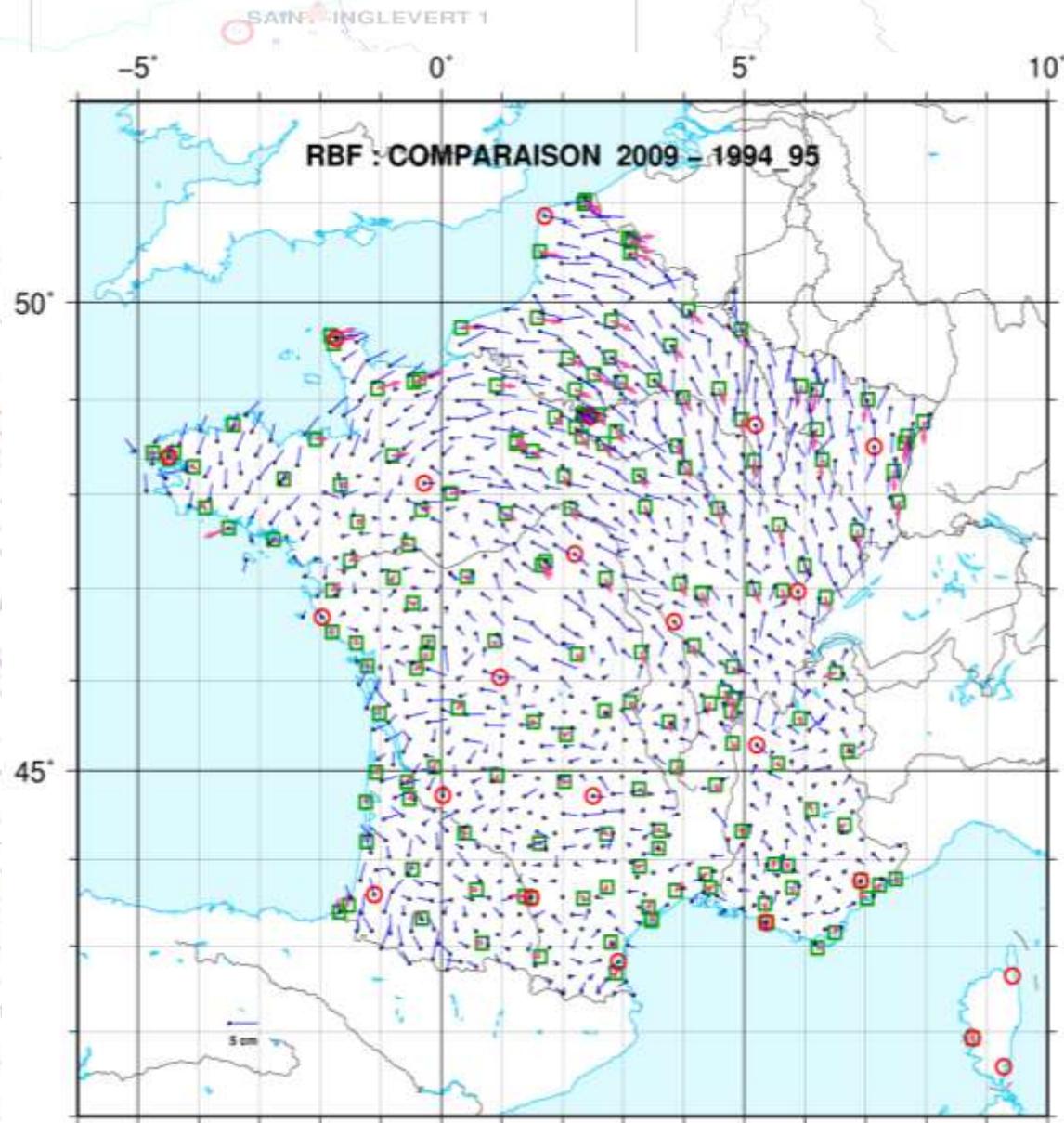
$$(\Delta t = t - 2005) \quad \mathbf{k} = \pi / 180 / 3600000$$

**t = 2009.0**

# réfection RBF (2000-2009)

Calcul 2009 (BSW5.0)  
Alignement RGP2009

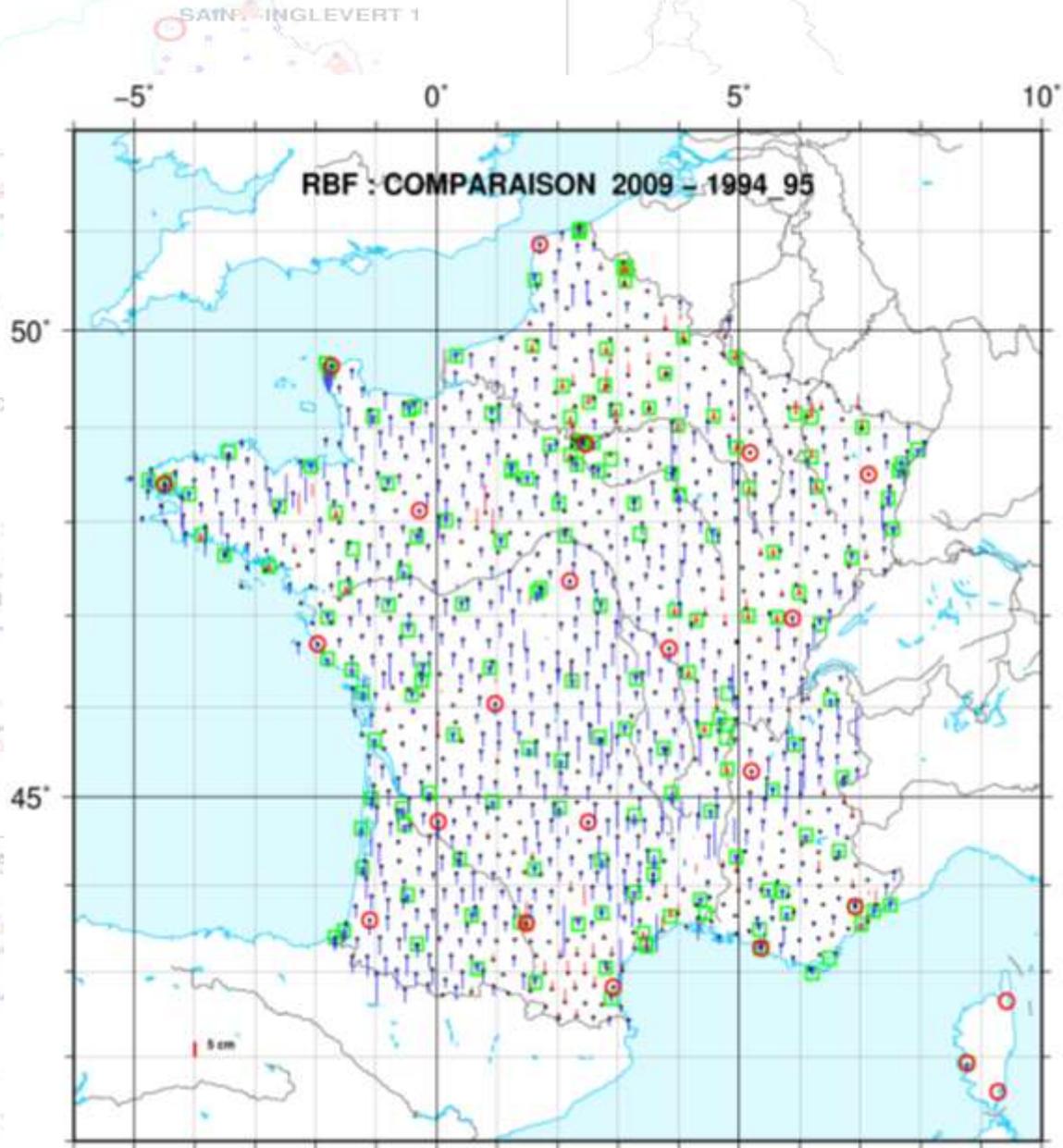
Écart horizontal



# réfection RBF (2000-2009)

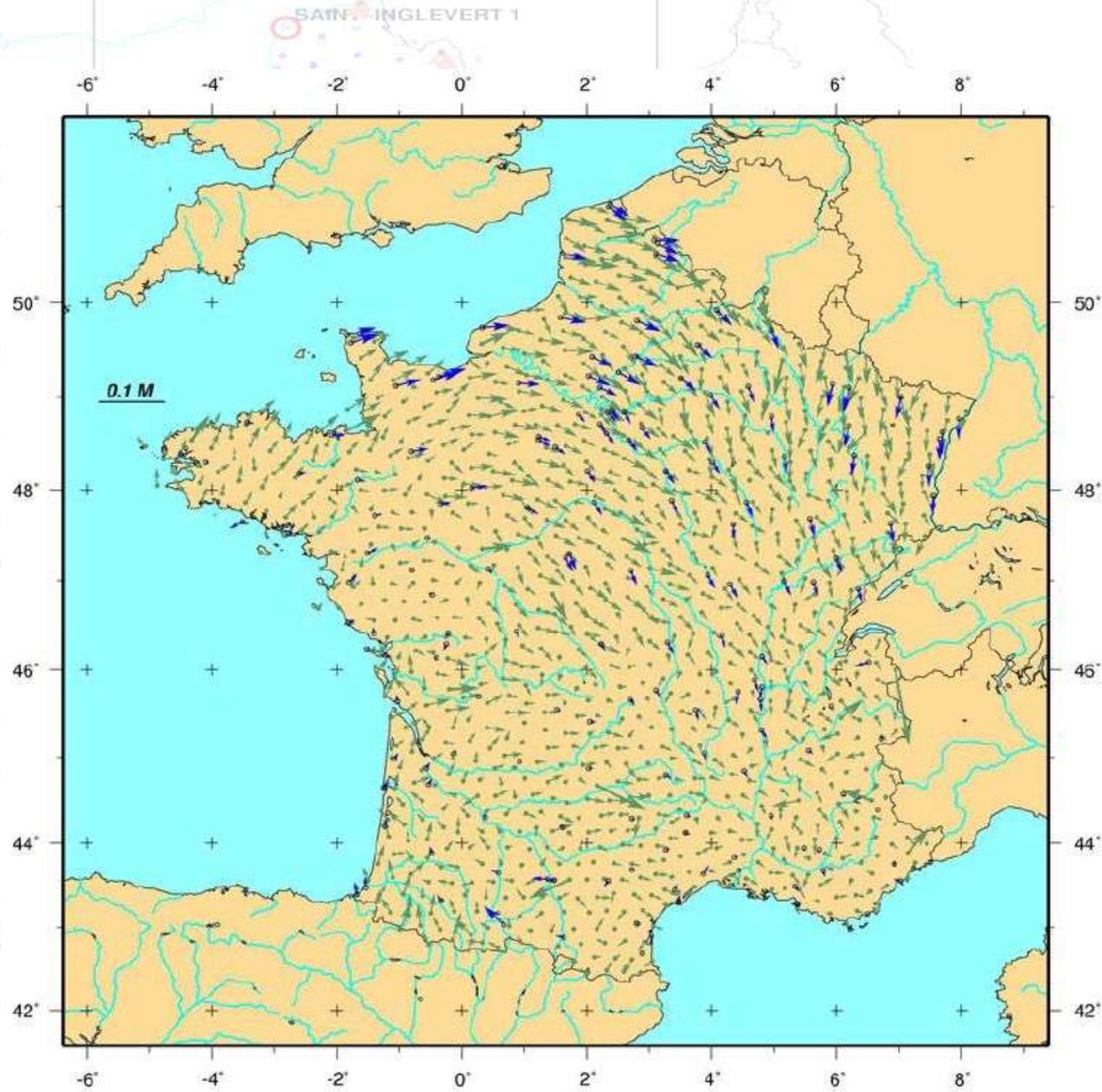
Calcul 2009 (BSW5.0)  
Alignement RGP2009

Écart vertical



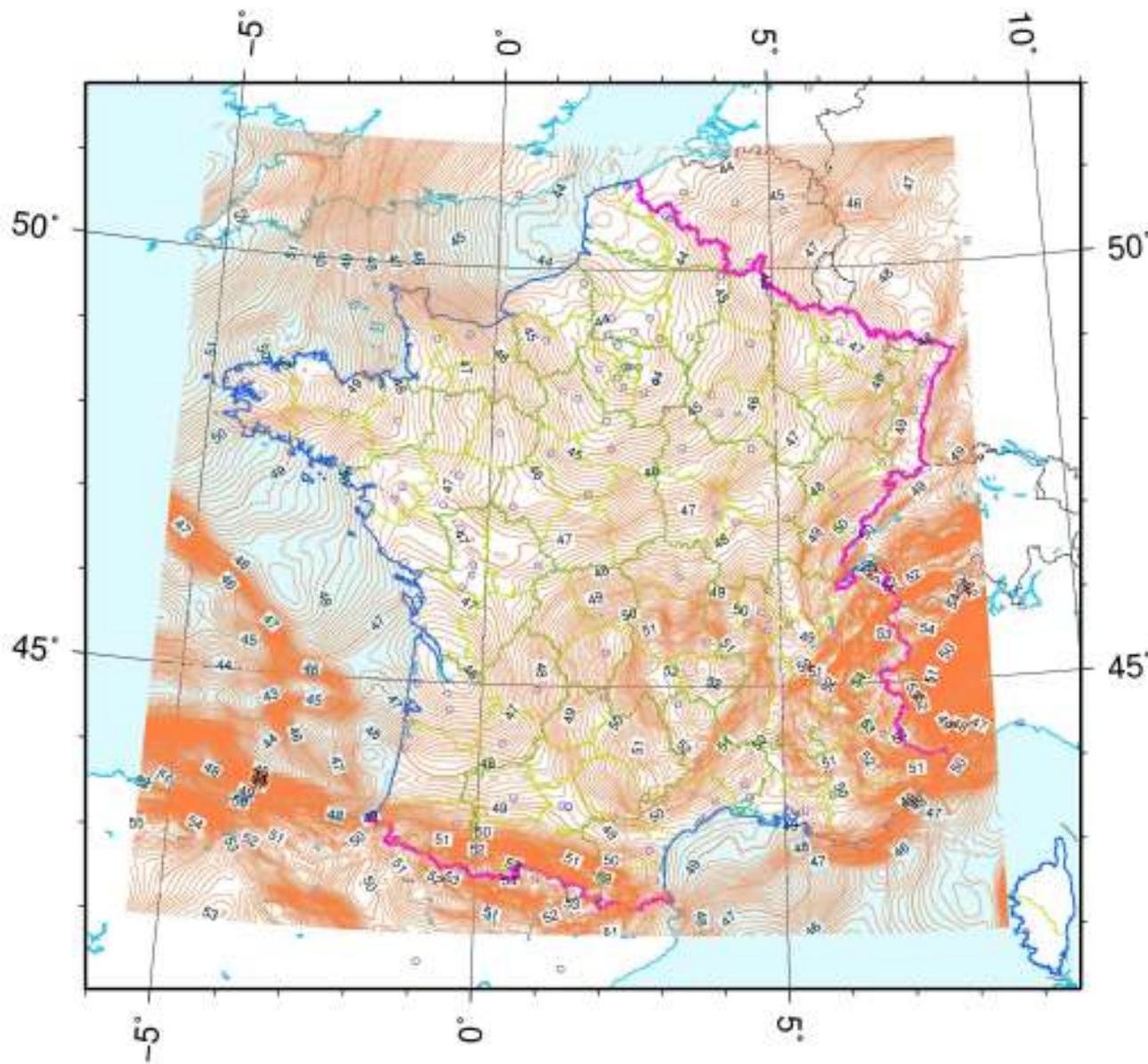
**Rénovation RGF93**  
**18/08/2010**

Écarts planimétriques



Grille de conversion d'altitude

RAF09

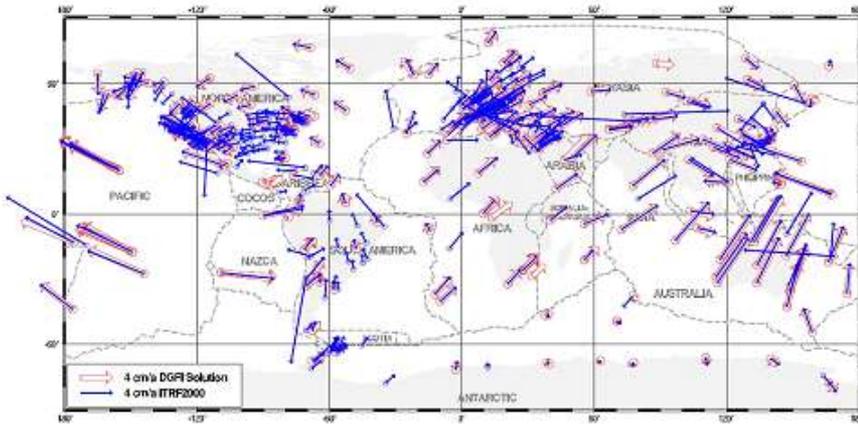
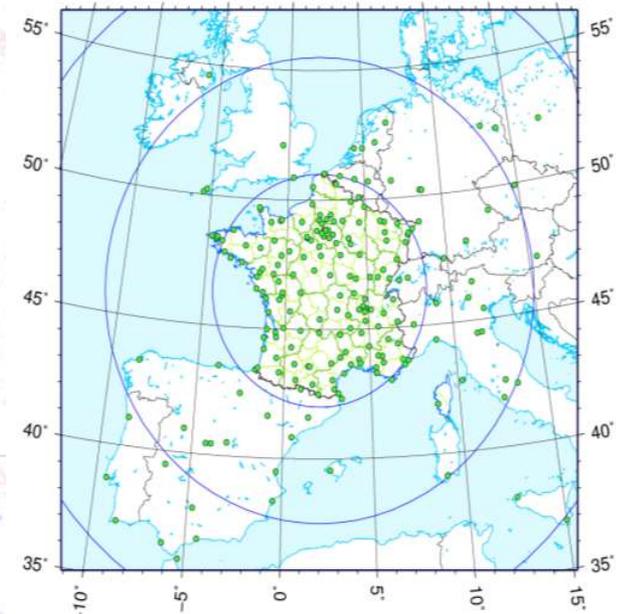
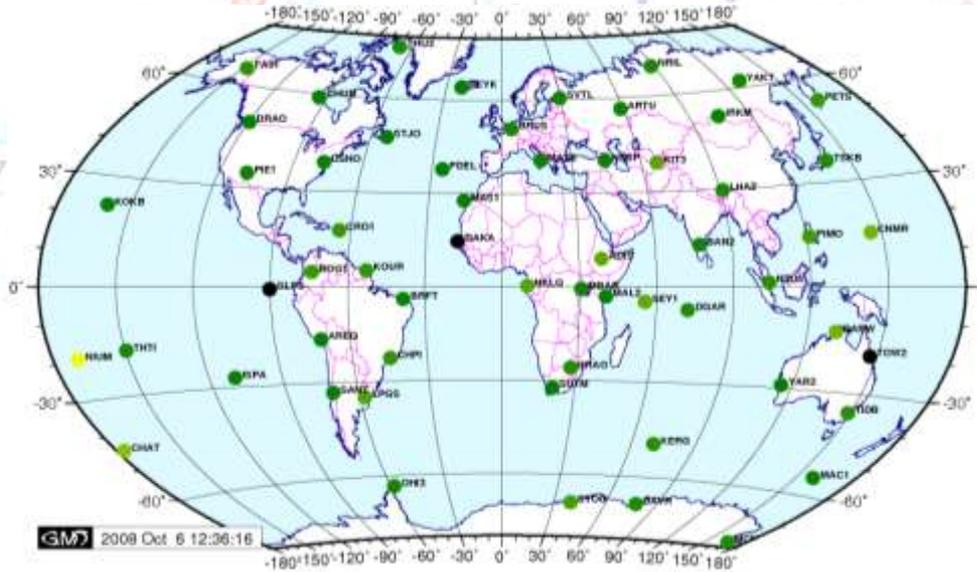




*Et demain ...*

**PPP  
GALILEO**

...



MERCI

