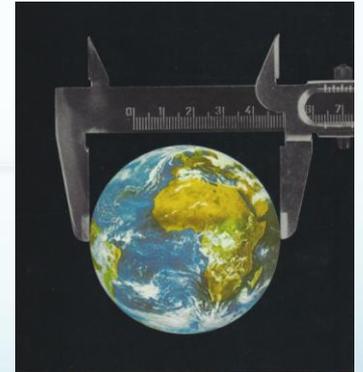




La géodésie spatiale

Mesurer la Terre depuis l'espace

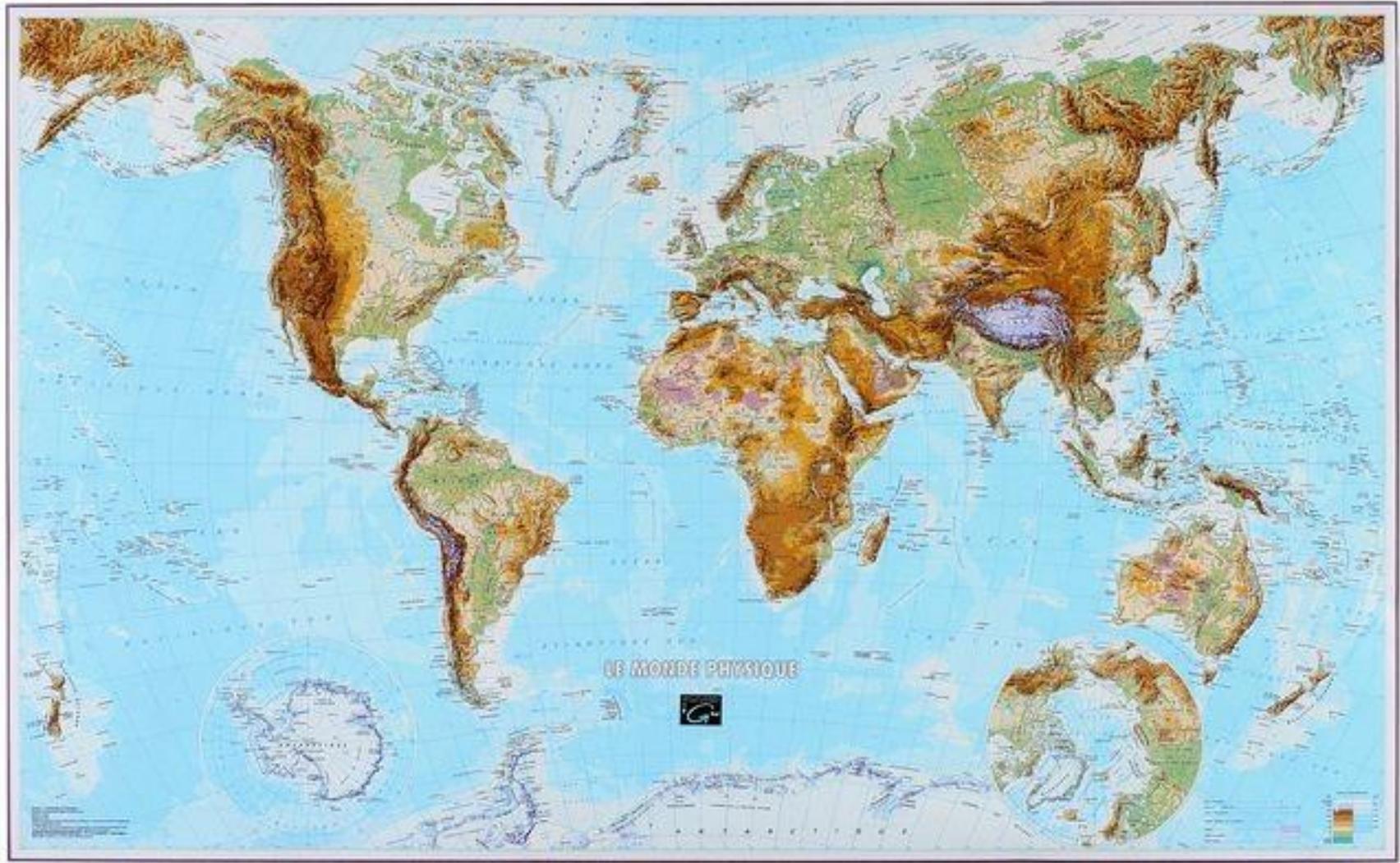
Pascal Willis



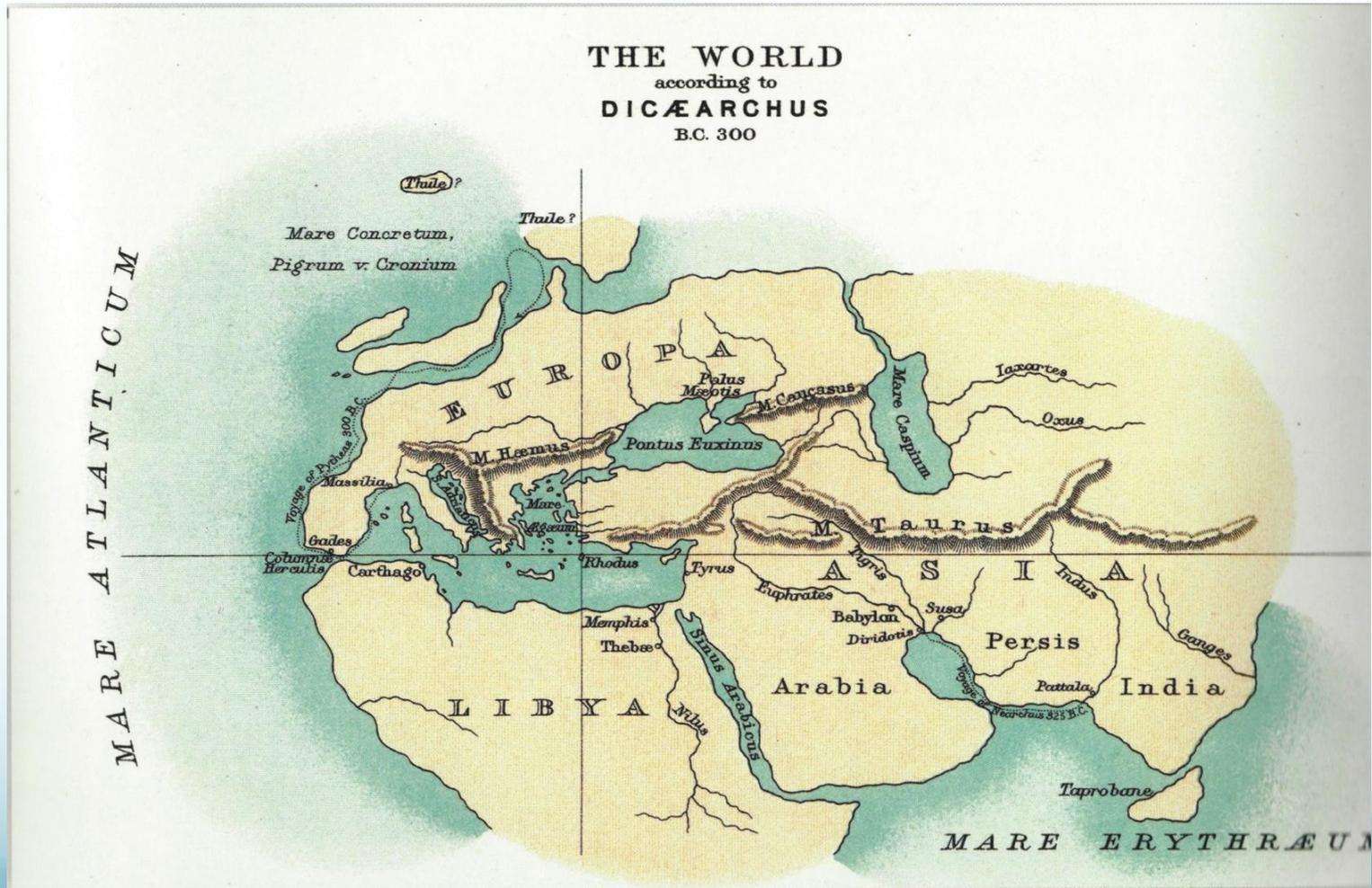
PLAN

- Aspects historiques
- Le système GPS
- Autres systèmes de géodésie spatiale
- Réseau ITRF et applications scientifiques
- Conclusions

Cartographie



Le monde suivant Diarche (300 BC)



Orbis Terrarum (1590)



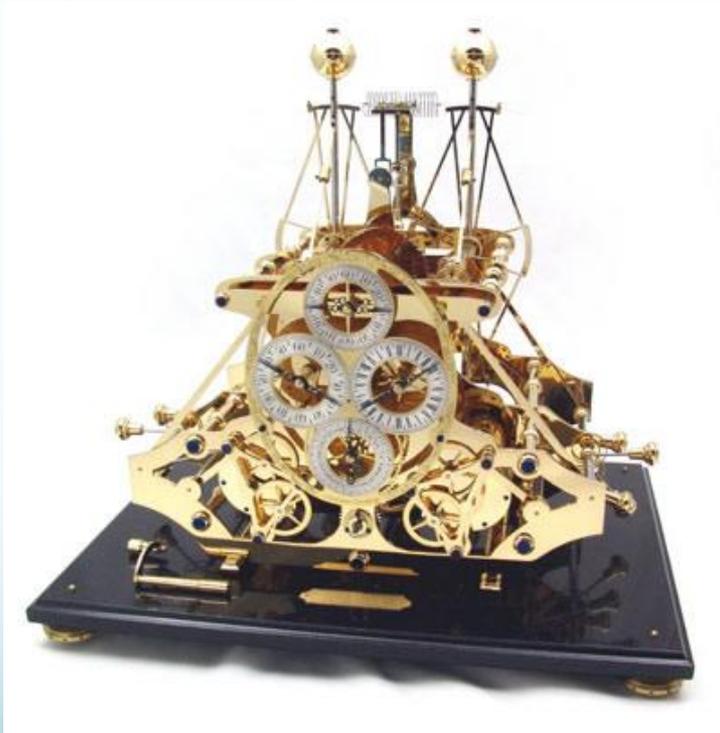
Géodésie

(Forme et figure de la Terre)



Un monde sans géodésie ...

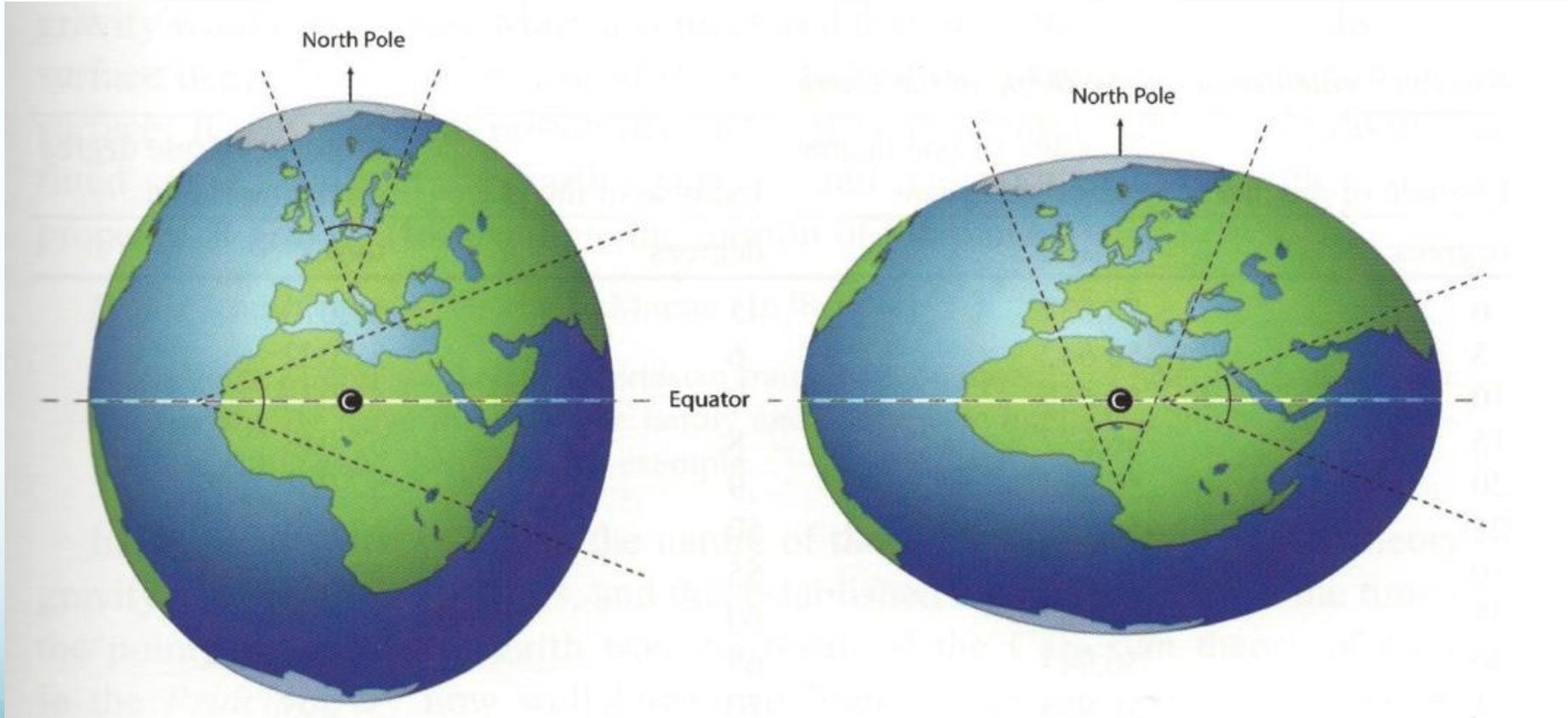
Le problème des longitudes en mer



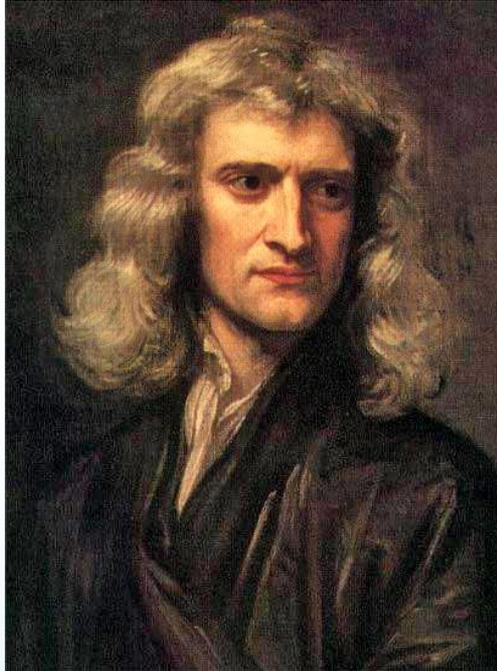
Longitude Act (1714)

John Harrison
(1693-1776)

Géodésie (forme et figure de la Terre)



Forme de la Terre

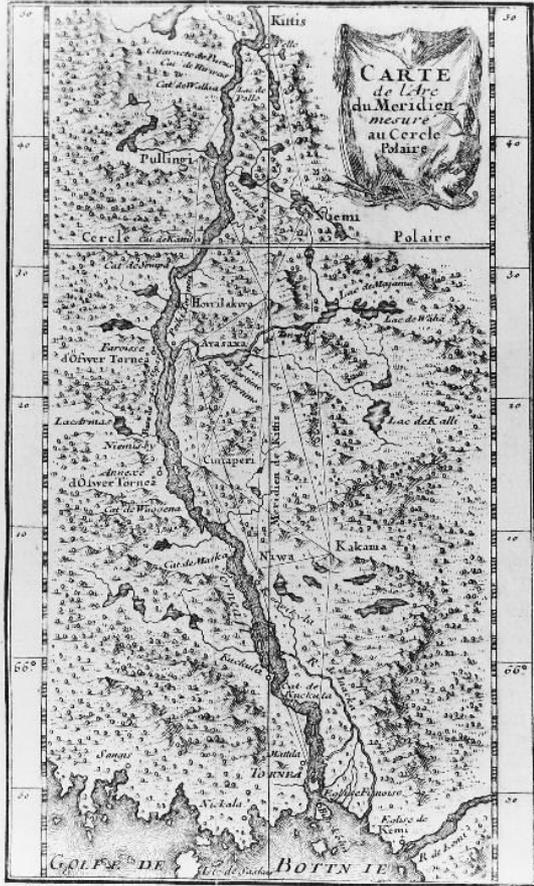


Newton
(1643-1727)



Huyghens
(1629-1695)

Expédition en Laponie



Source gallica.bnf.fr / Observatoire de Paris



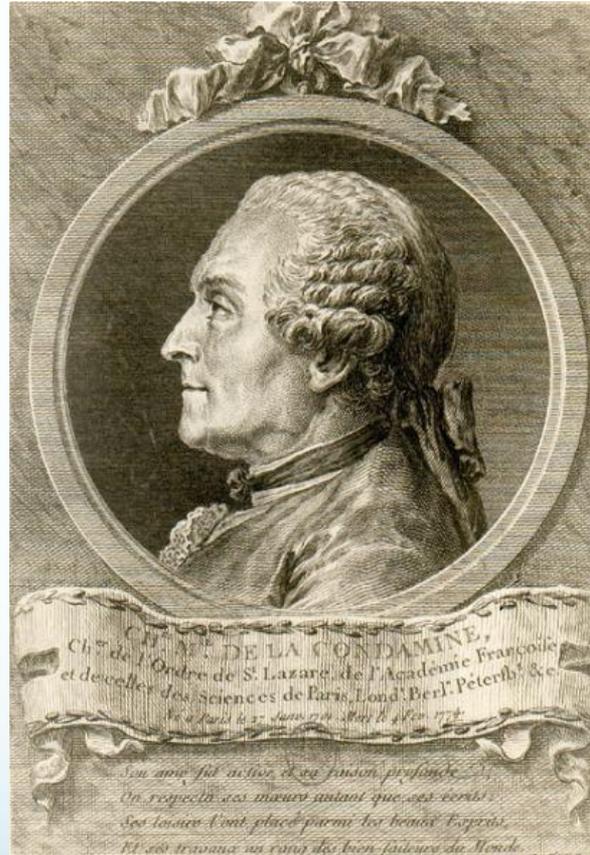
Maupertuis



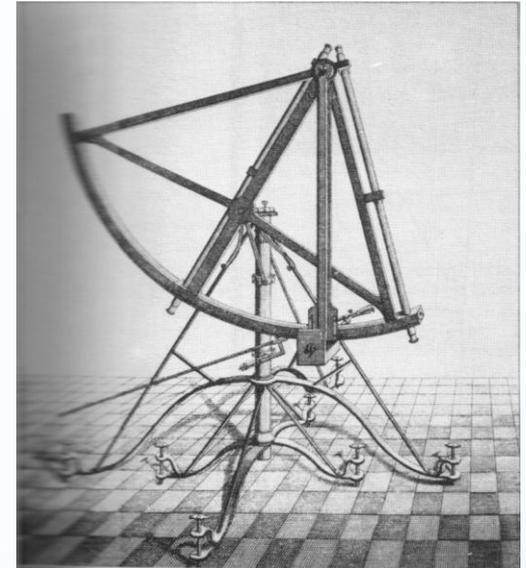
Maupertuis,
Clairaut,
Camus,
Le Monnier,
Celsius

(1737)

Expédition en Equateur



La Condamine



Quart de cercle

Louis Godin,
Pierre Bouguer
Charles de la
Condamine,
Joseph de Jussieu
(1735-1739)

Méridienne (Cassini)

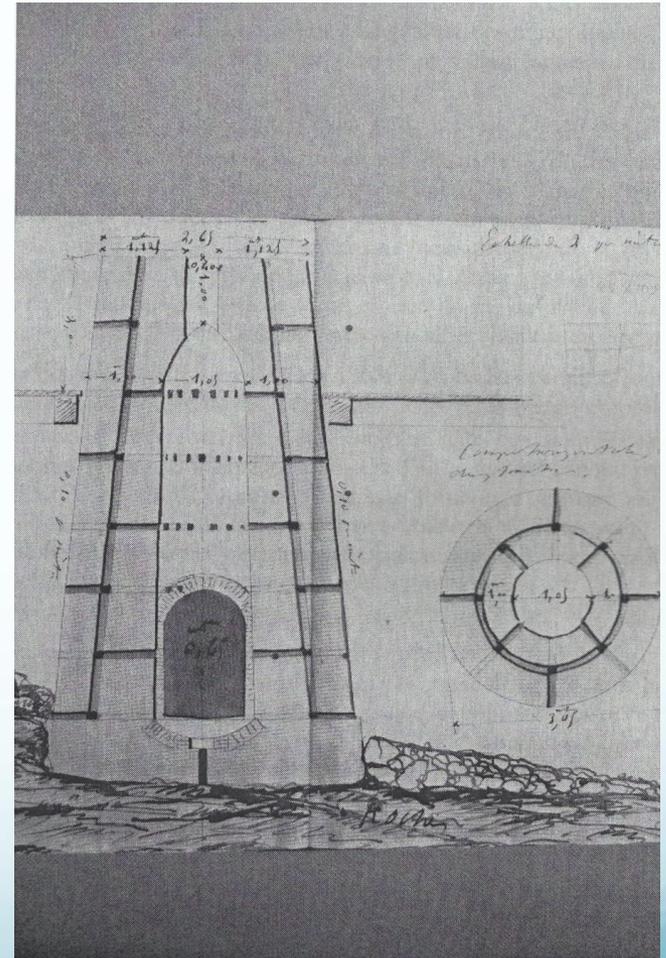


Antoine d'Abbadie



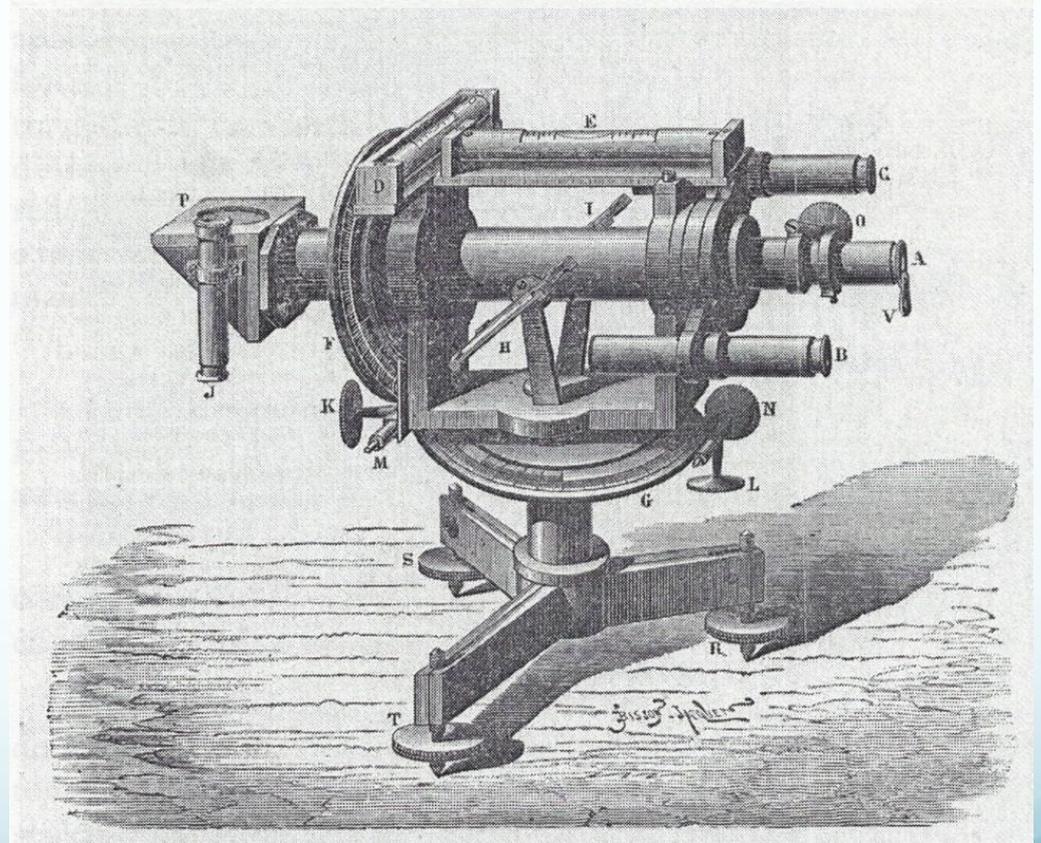
Antoine d'Abbadie
(1810-1897)

Conférence château d'Abbadia, le 15 octobre 2014



nadirade

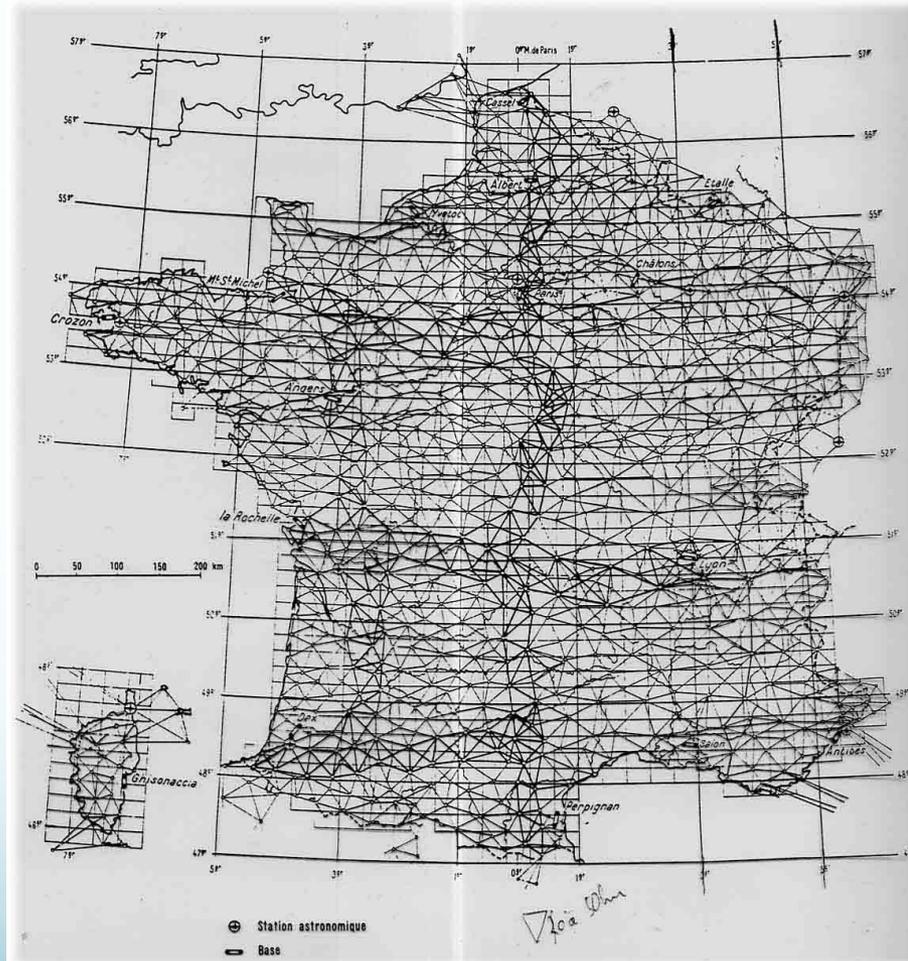
Théodolites



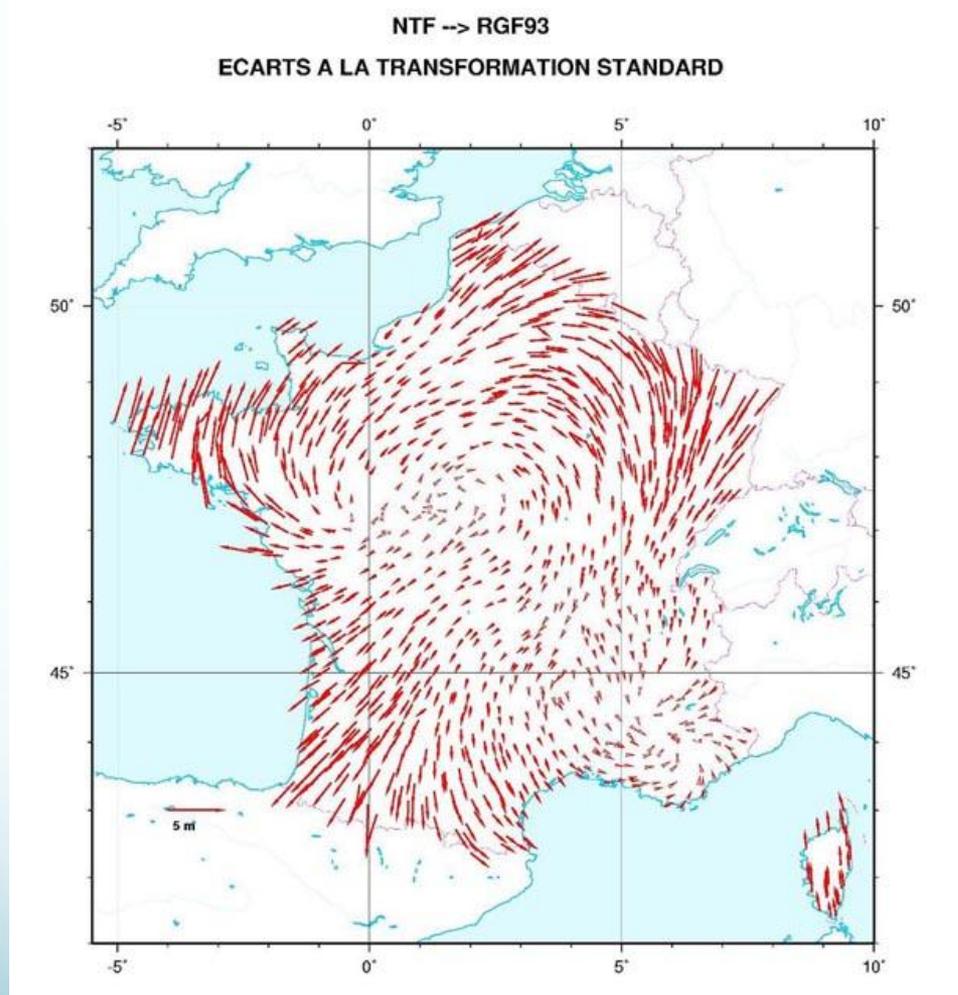
Repères géodésiques



Triangulation française (NTF)



Erreurs de la NTF (terrestre → spatial)



Instruments géodésiques terrestres

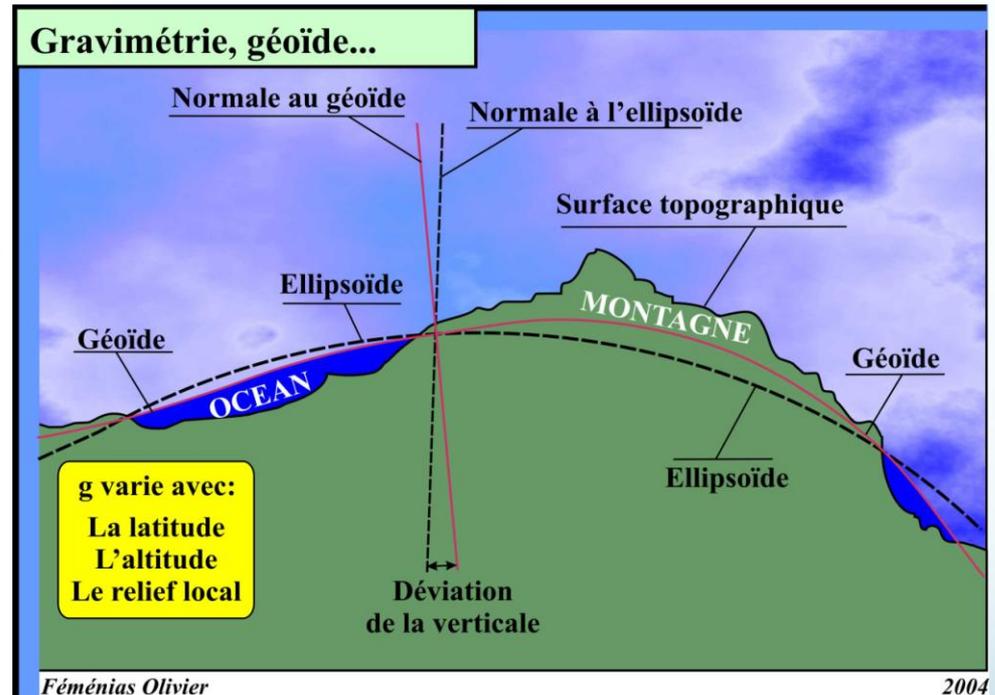
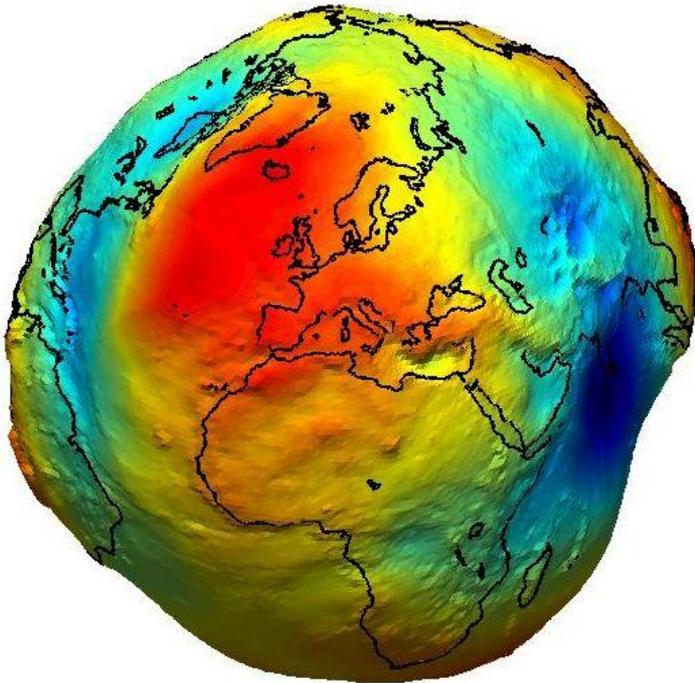


distancemètre

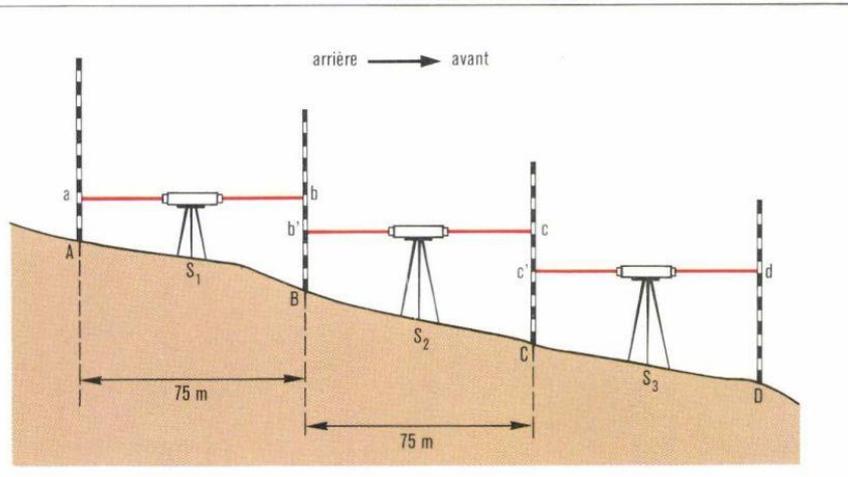


théodolite

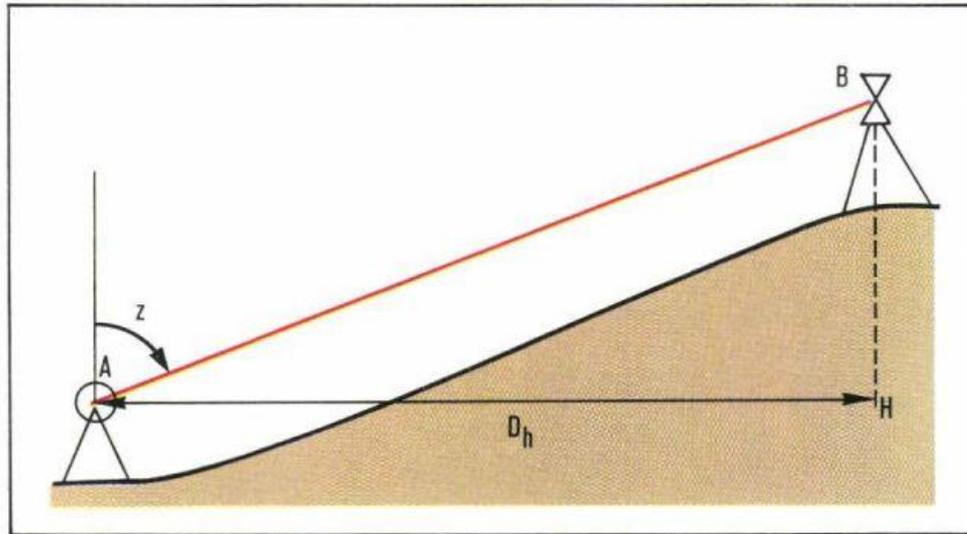
Géoïde (Figure de la Terre)



Techniques de nivellement



Mesure de la dénivellée.

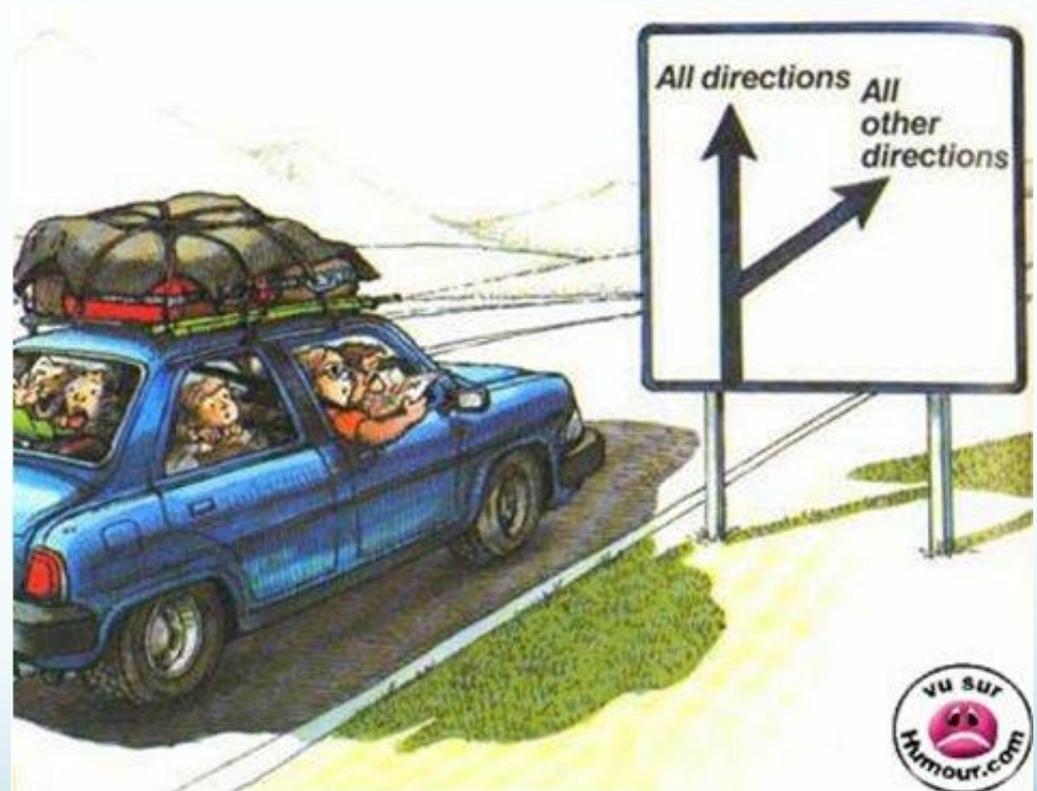
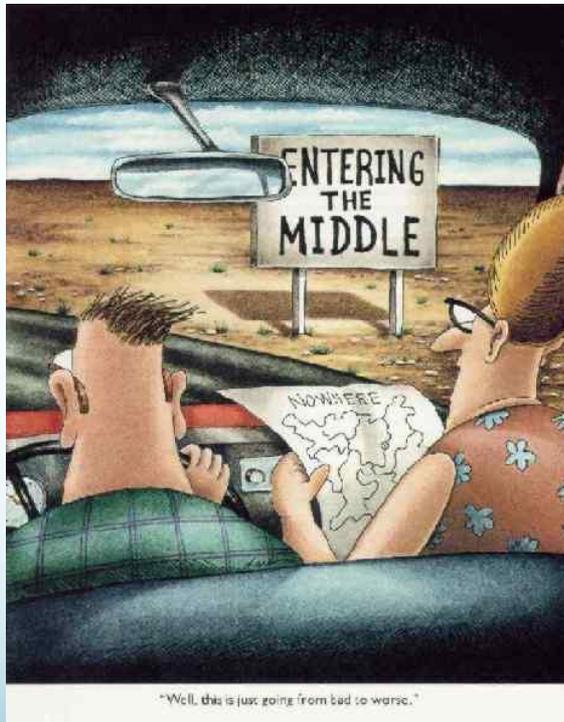


Nivellement géodésique.

Repère de nivellement



Où suis-je?

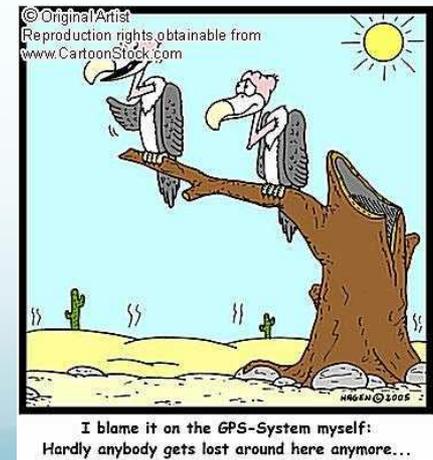


GPS grand public

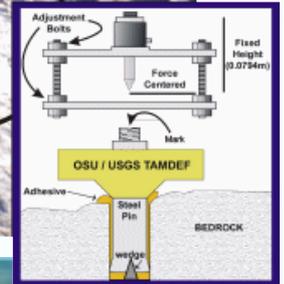
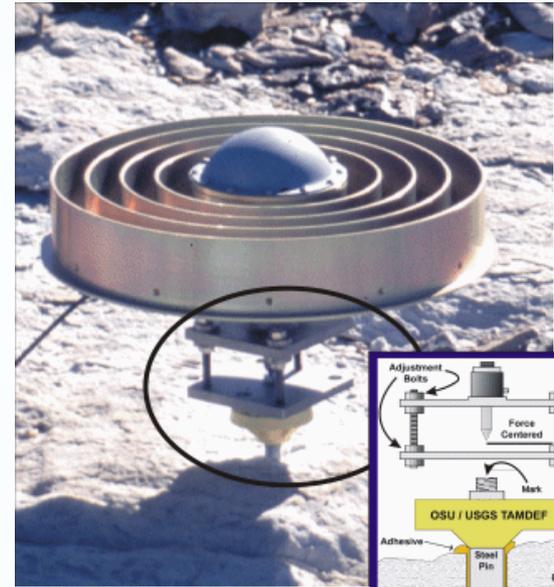


▶ GPS Running

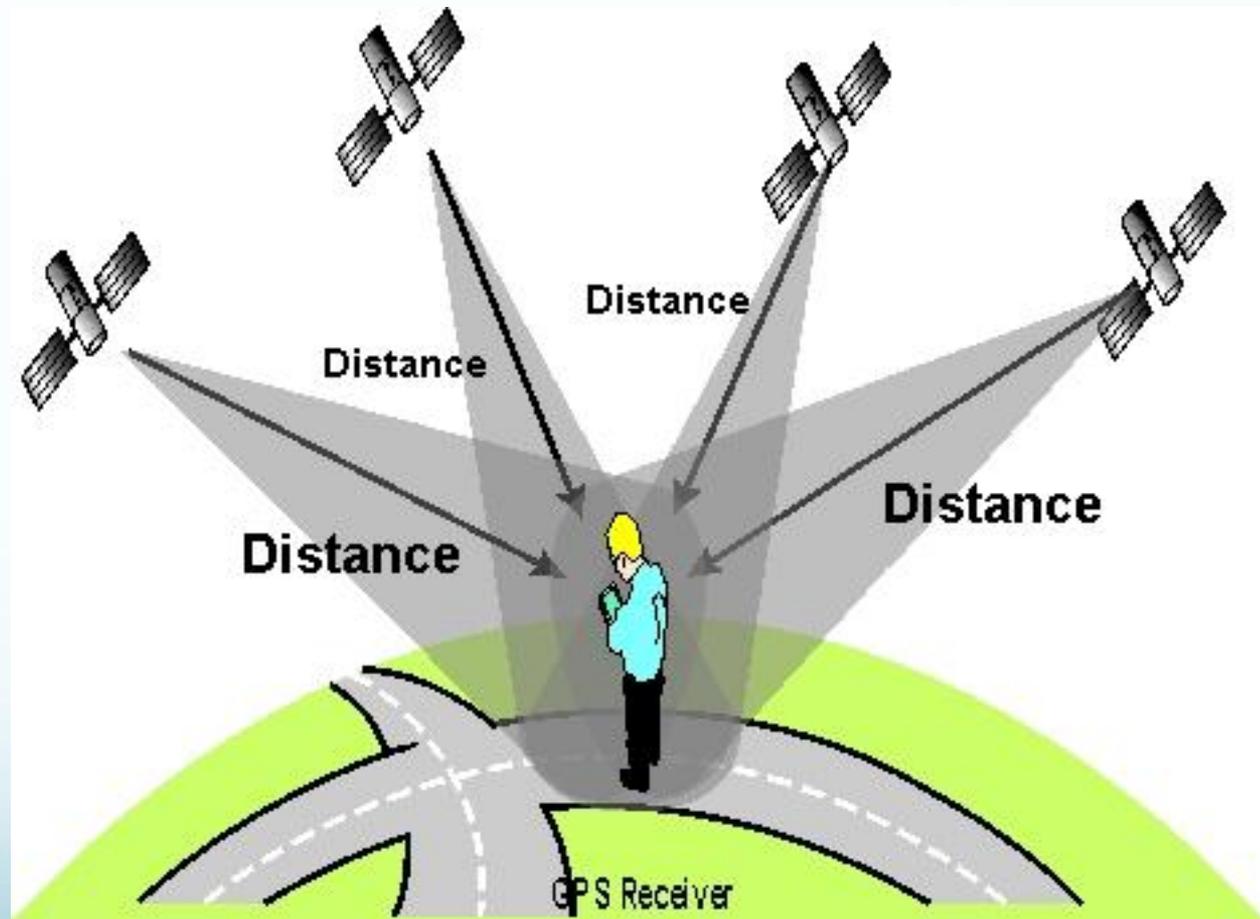
Autres utilisateurs GPS

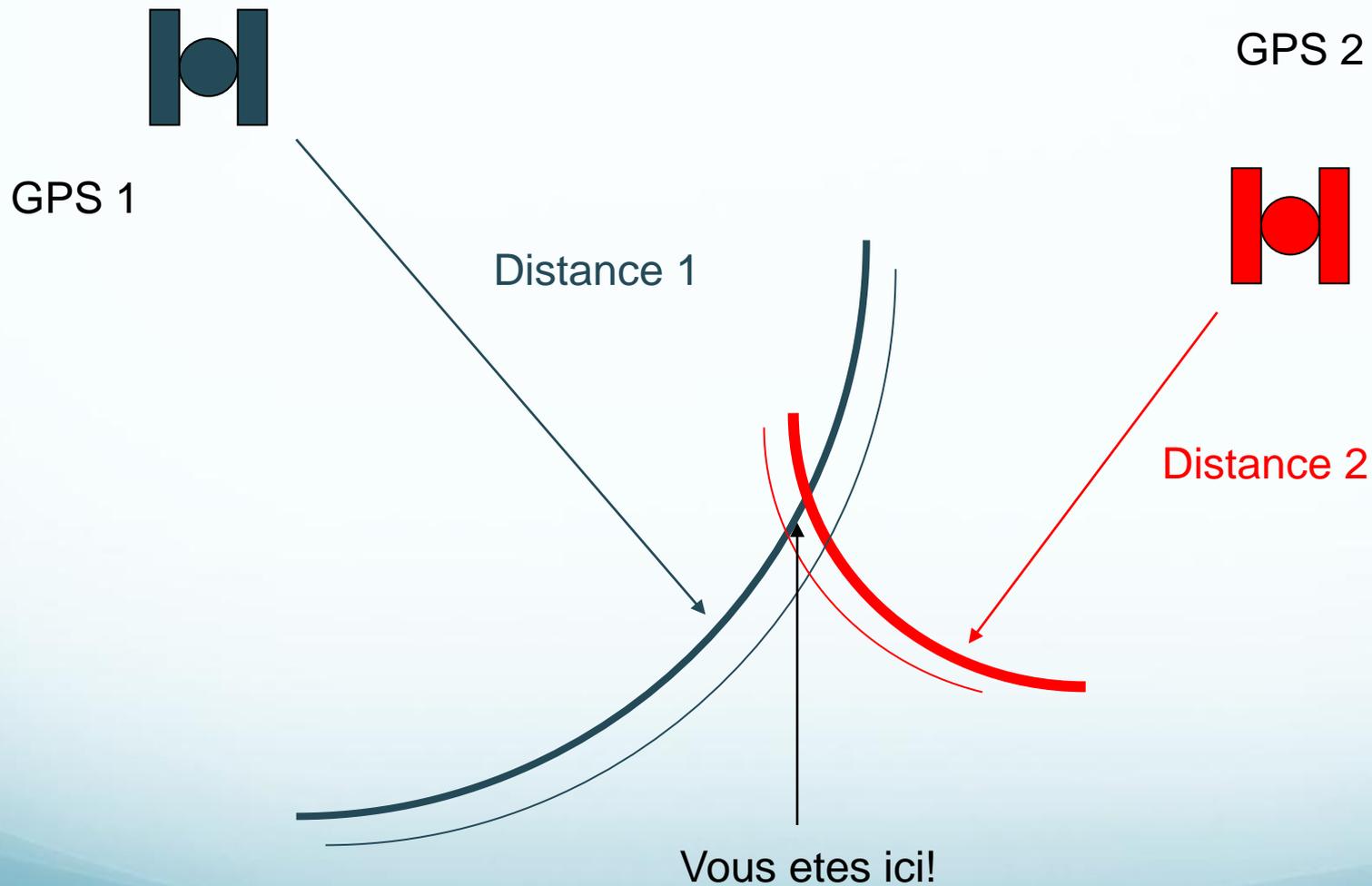


GPS/géodésie

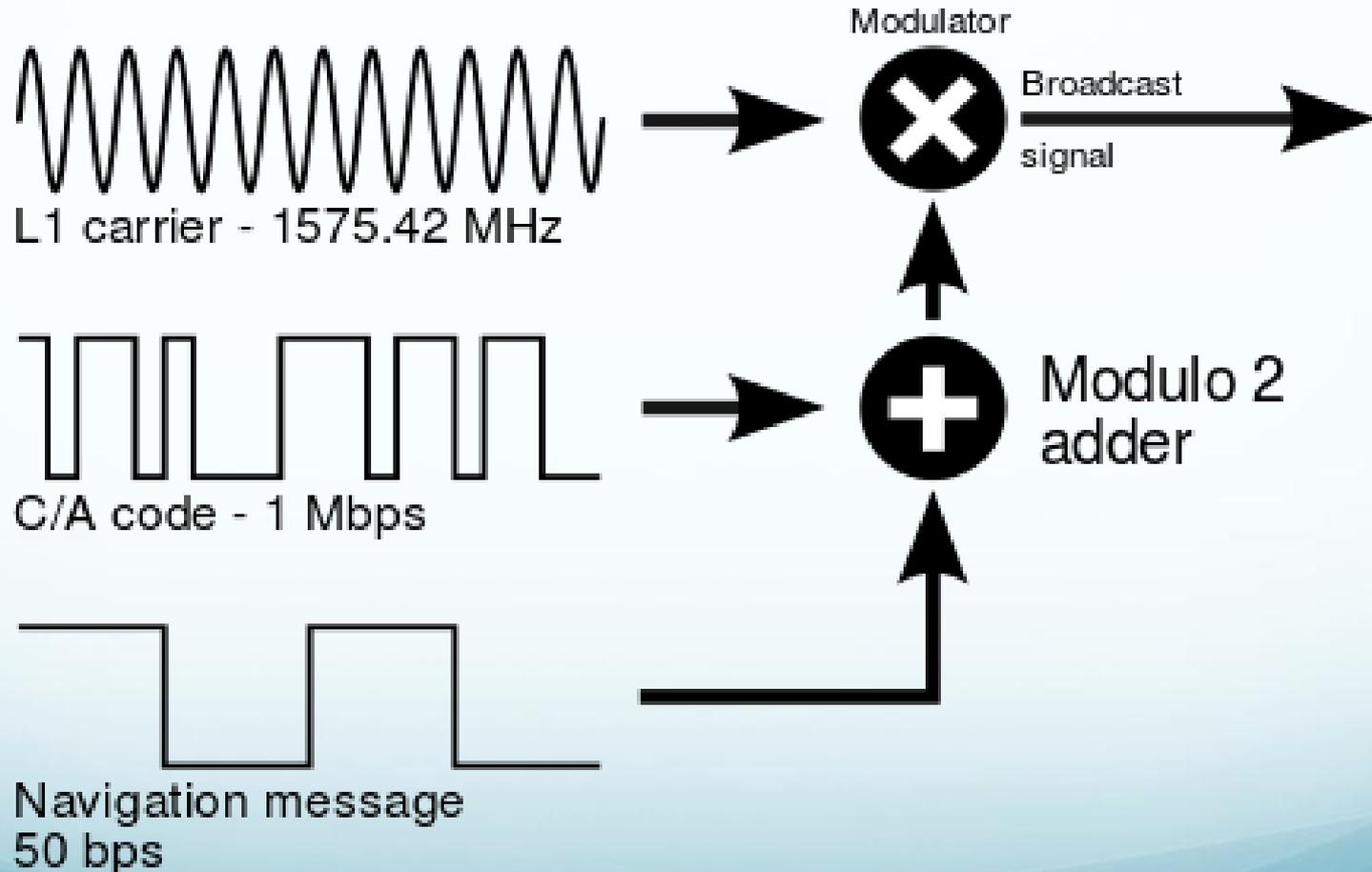


Localisation par satellite





Codage GPS



Codes GPS

techniques de corrélation

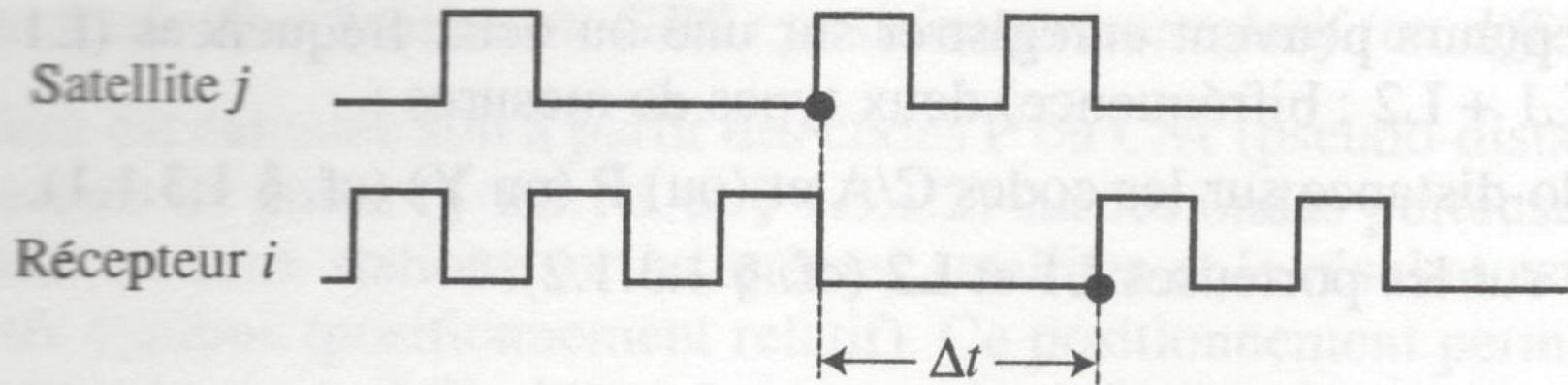
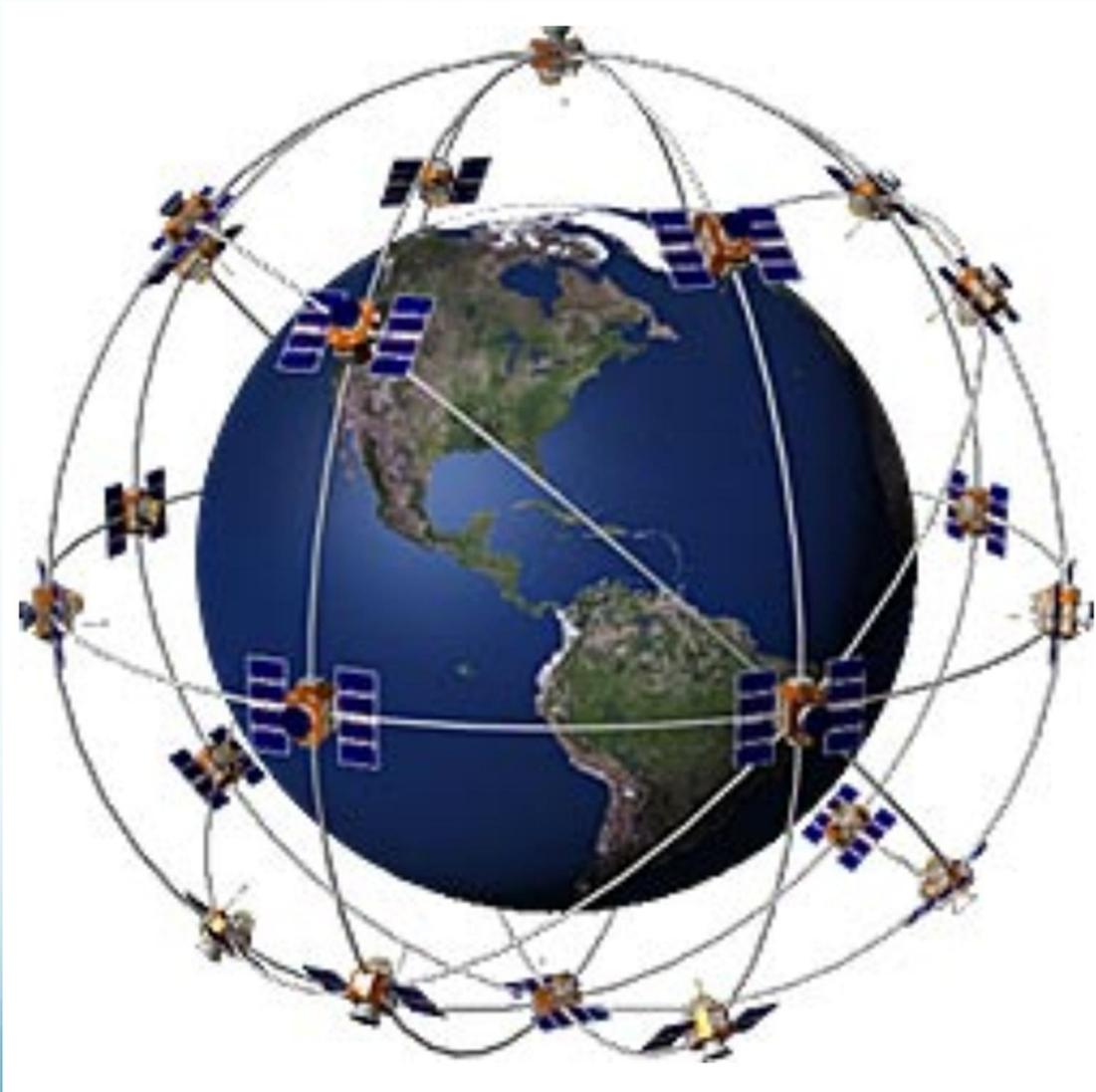


Figure 1.8. *Comparaison entre le signal reçu et le signal propre du récepteur sur les codes*

$$\Phi = a C(t) \sin (\omega t + \phi_0)$$

$$C(t) = -1 \text{ ou } +1$$

Constellation GPS



27 satellites
20 000 km altitudes
L1=1,5 GHz
L2= 1,23 GHz
L5

Satellite GPS



Horloges
Génération du signal (codes)
Messages (éphémérides)

Antenne GPS (satellite)



Localisation GPS

Navigation (pseudo-distance)

- Absolu : 10 m
- DGPS : 1 m
- Localisation géodésique (phases)
- Relatif (10^{-6} à 10^{-9})
- Absolu (PPP) : 2-5 mm

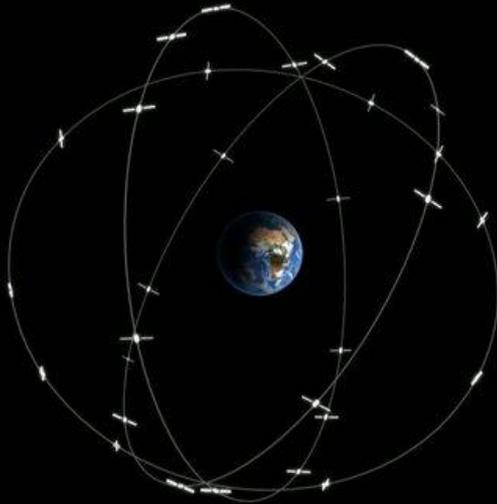
Le système Galiléo



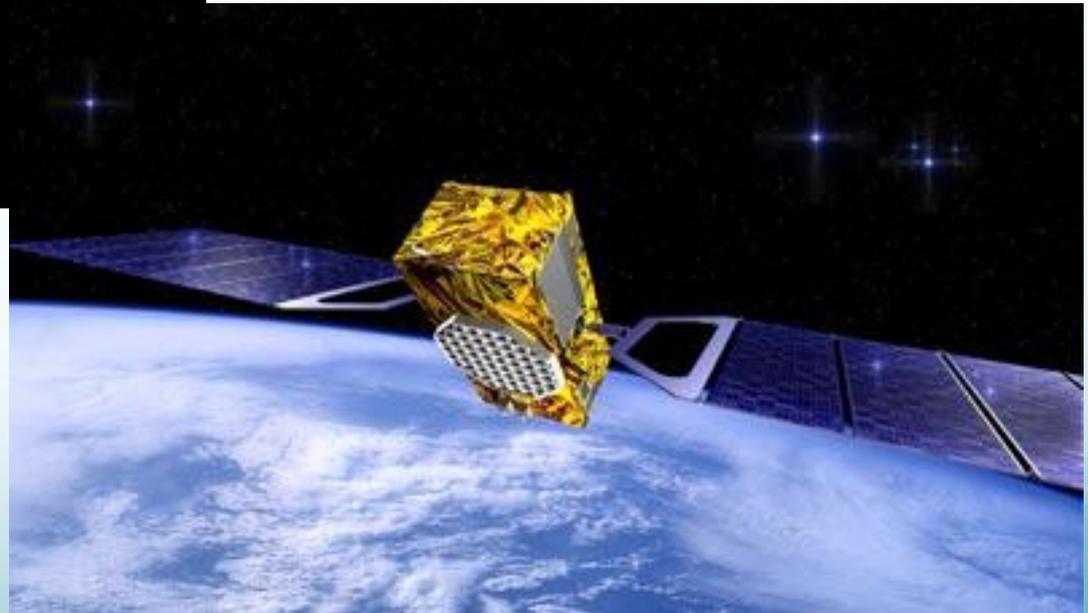
Projet Européen

4 satellites 2011-2012

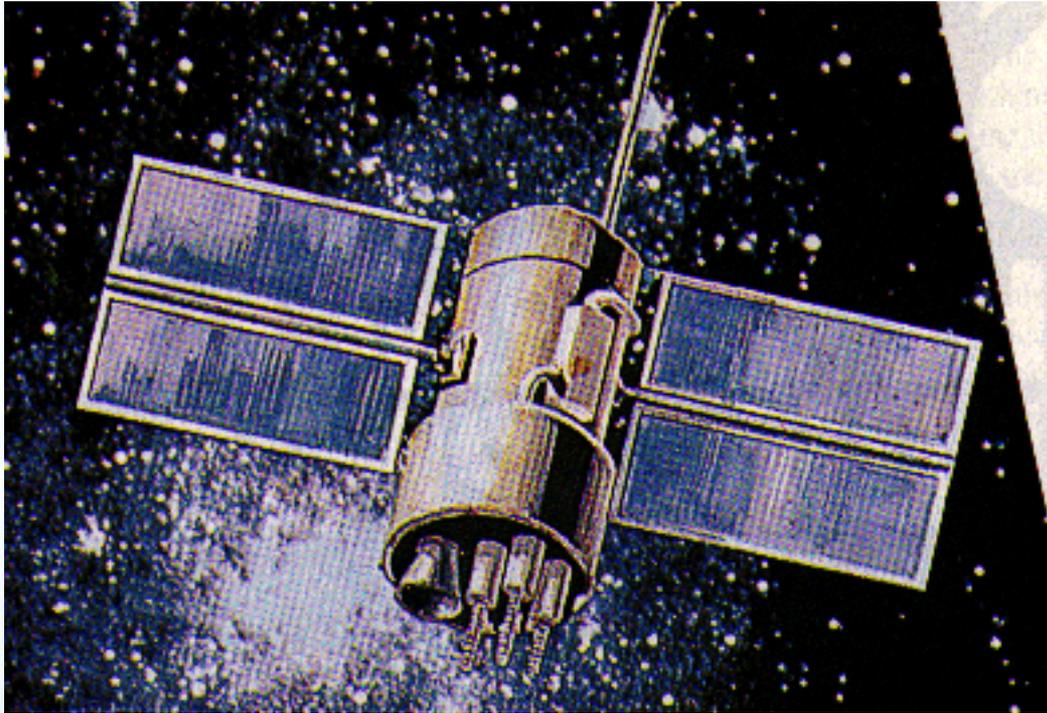
Prévu pour 2017



30 satellites
20 000 km



GLONASS



Systeme Russe

Operationnel

30 satellites

EUREF

*EUREF Permanent Tracking Network
Stations submitting hourly data*



International GNSS Service (IGS)

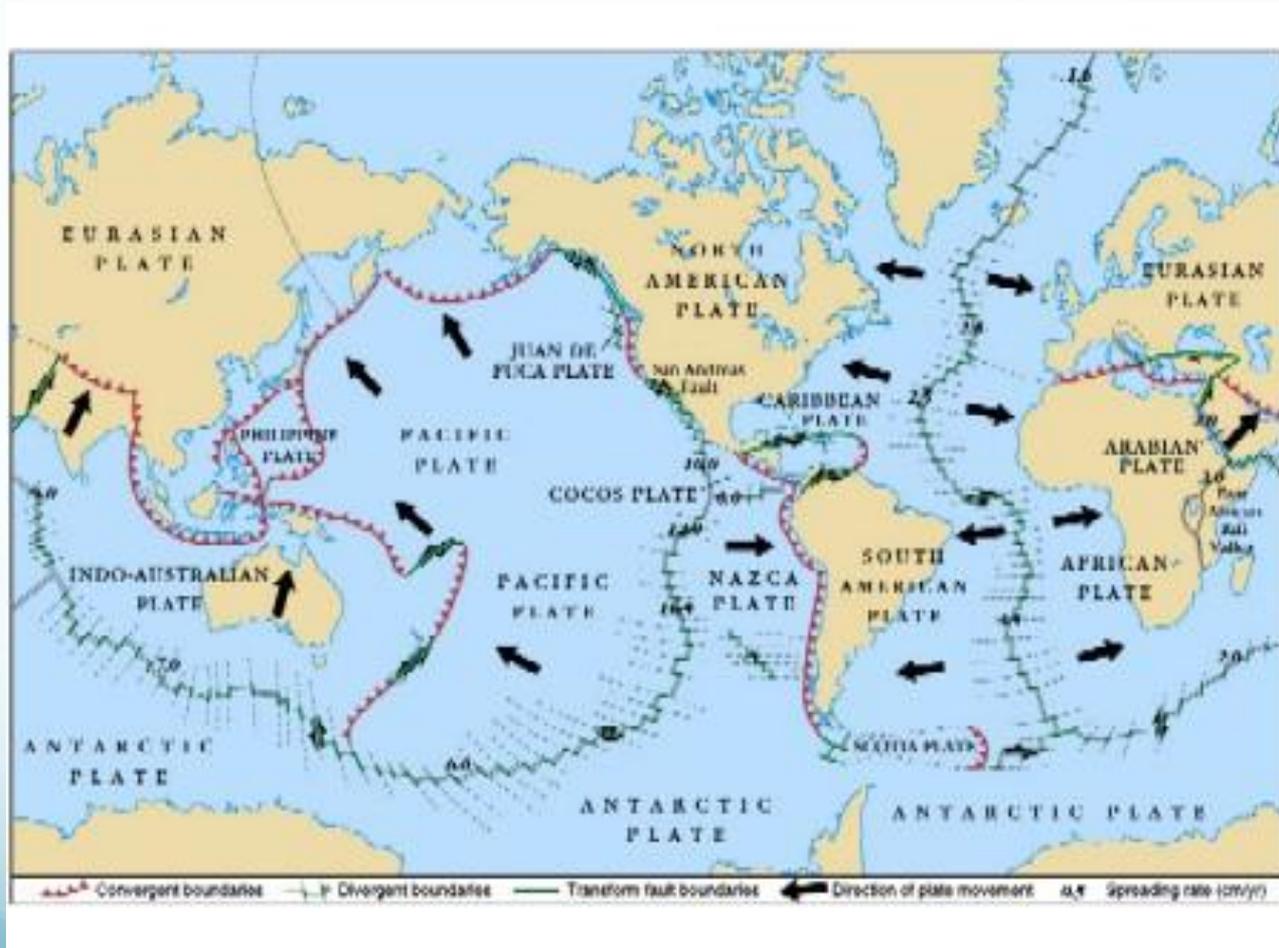


Produits scientifiques de l'IGS

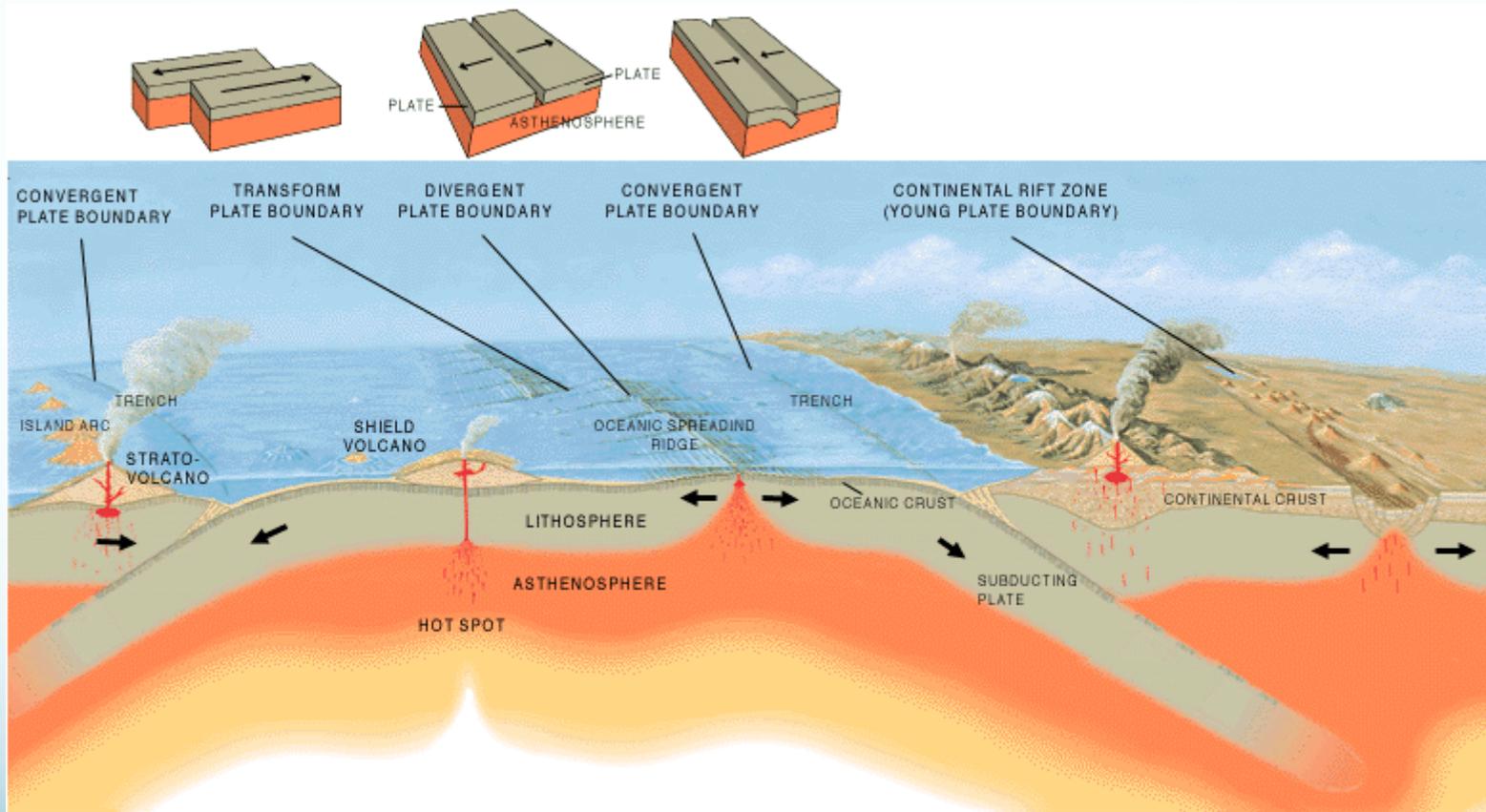
- Orbites GNSS (temps différé – 2cm, temps réel)
- Horloges
- troposphère
- ionosphère



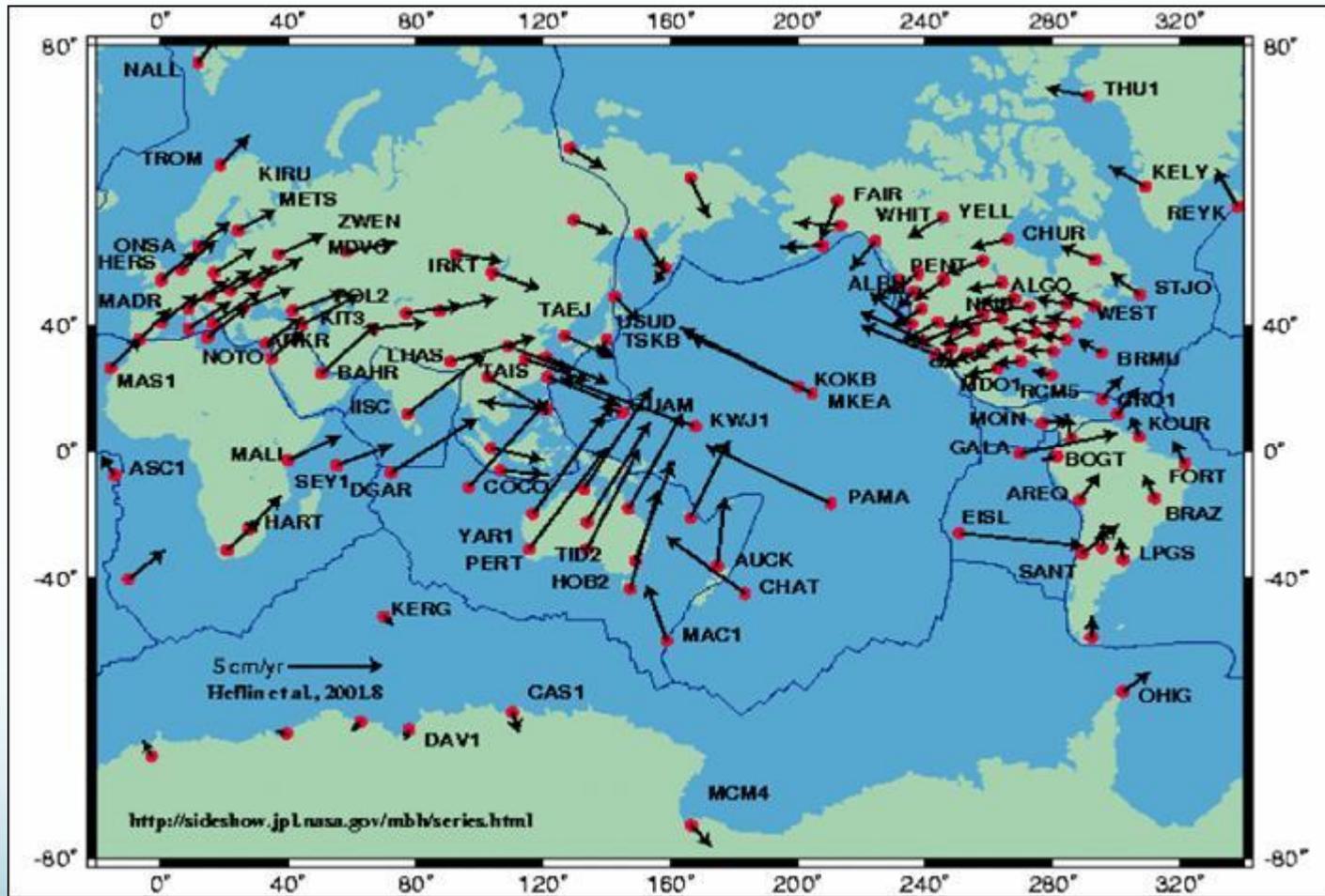
Dérive des continents



Dérive des continents



Vitesse observées par GPS

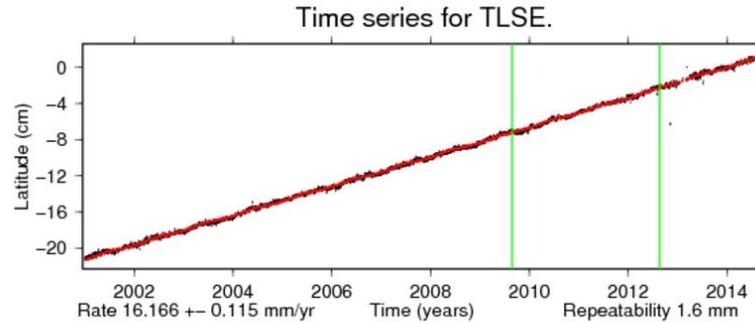


Séries temporelles coordonnées GPS

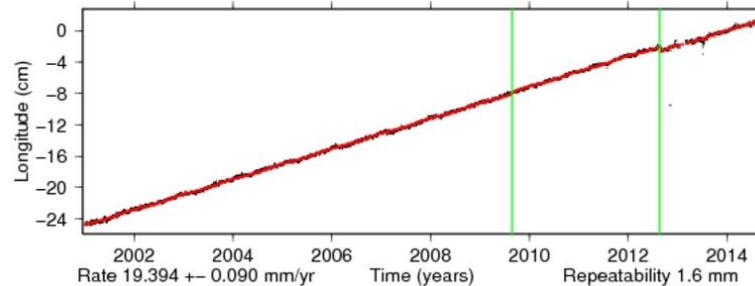
14/10/2014 14:54

<http://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html>

Nord

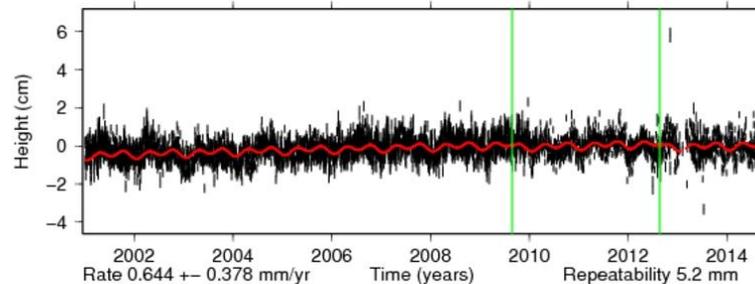


Est



Toulouse

Vertical

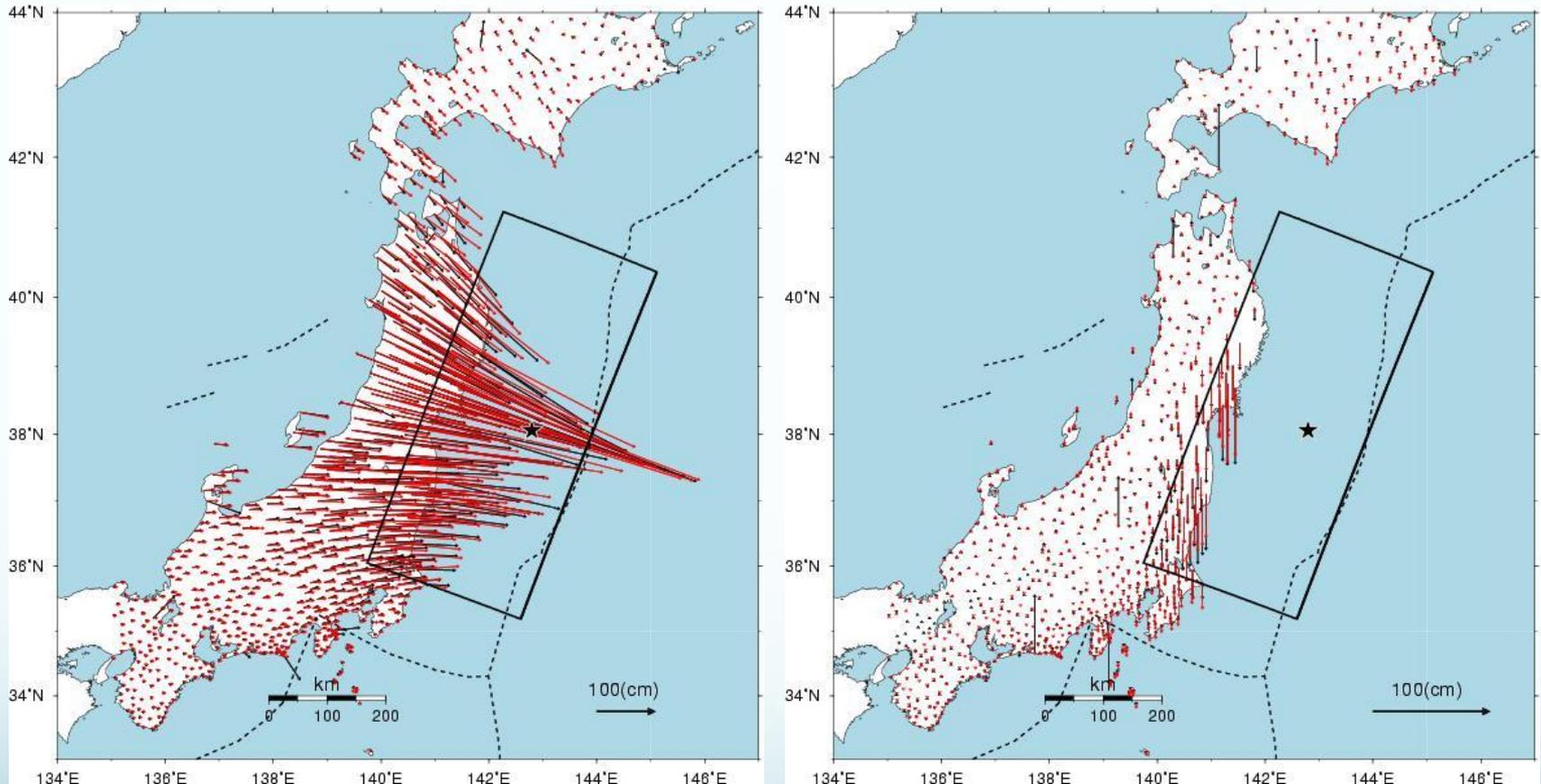


<http://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/TLSE.html>

Page 1 sur 2

Déformations par GPS (Tohoku-Oki)

http://www.tectonics.caltech.edu/slip_history/2011_taiheiyo-oki/



horizontal

3-NOV-2011

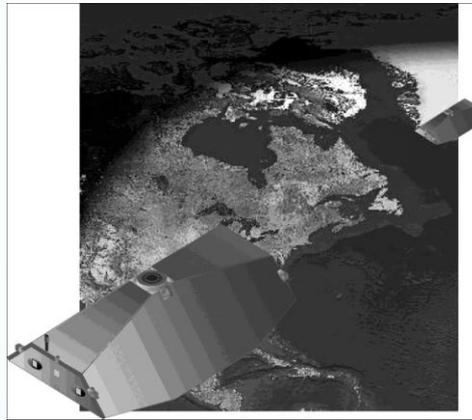
vertical

Autres applications des GNSS



Orbitographie de satellites bas

gravimétrie



Sciences de l'atmosphère

modèle météorologique)



Graphic produced by NBC4's forecasting team.



Applications temps/frequences

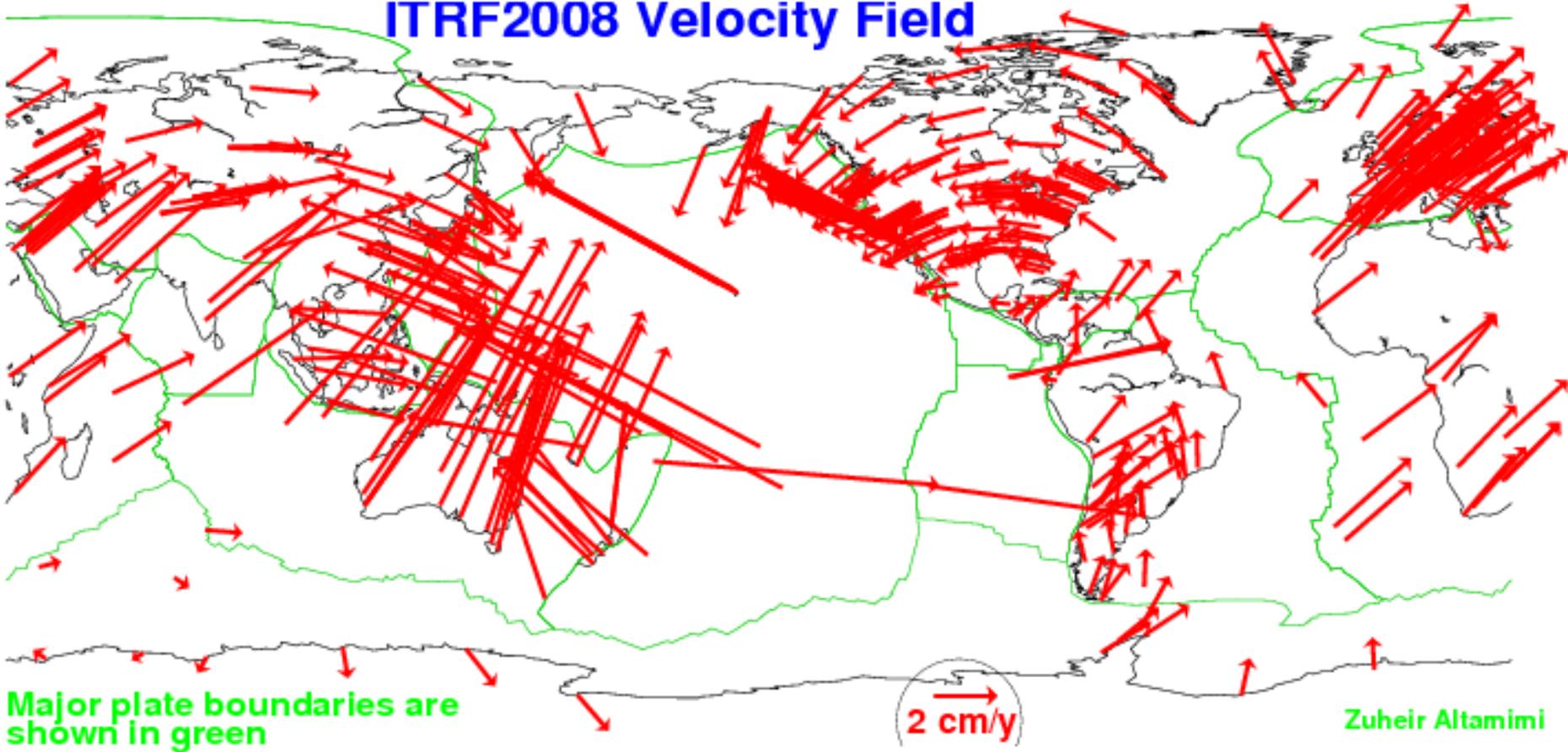
La nanoseconde =

Synchronisation de réseaux



Réseau ITRF

ITRF2008 Velocity Field



Major plate boundaries are shown in green

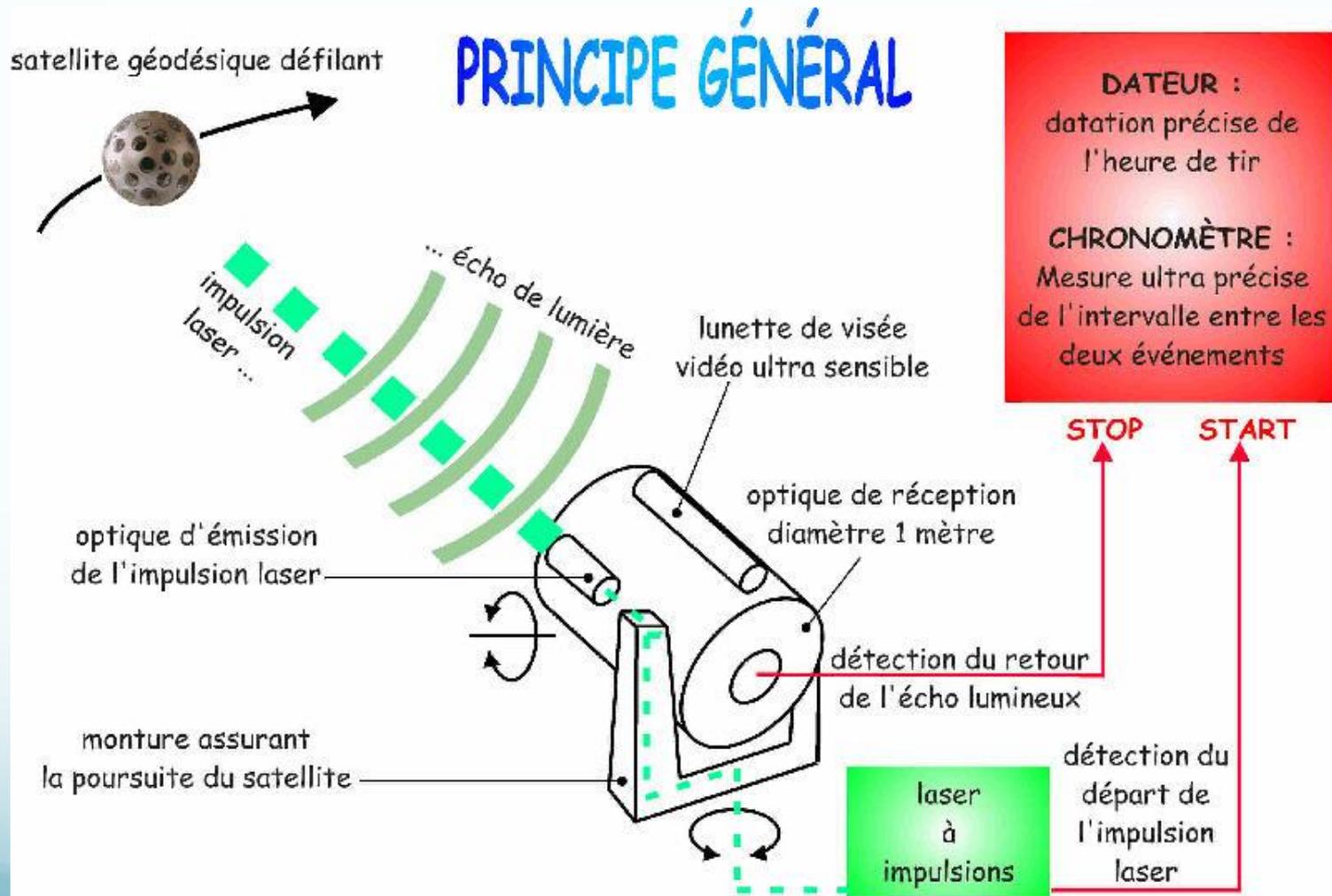
2 cm/y

Zuheir Altamimi

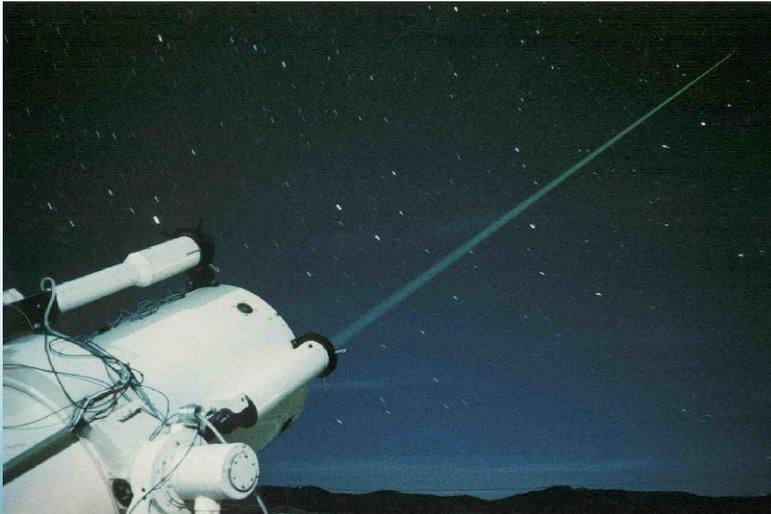
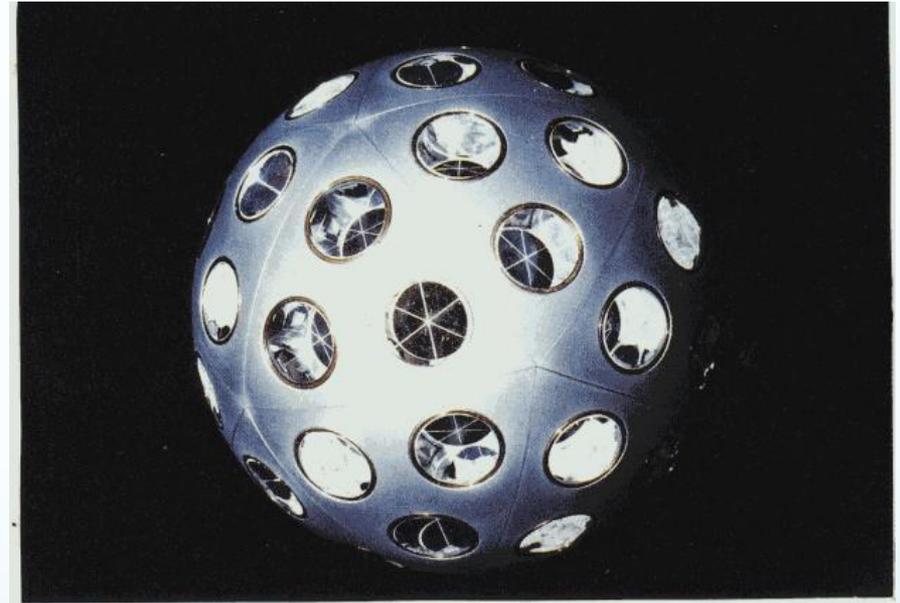
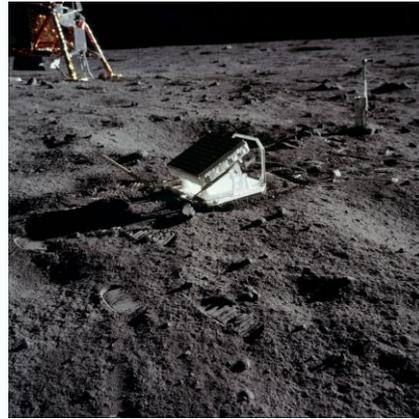
Autres techniques de géodésie spatiale

- Télémétrie Laser sur satellite
- DORIS
- VLBI

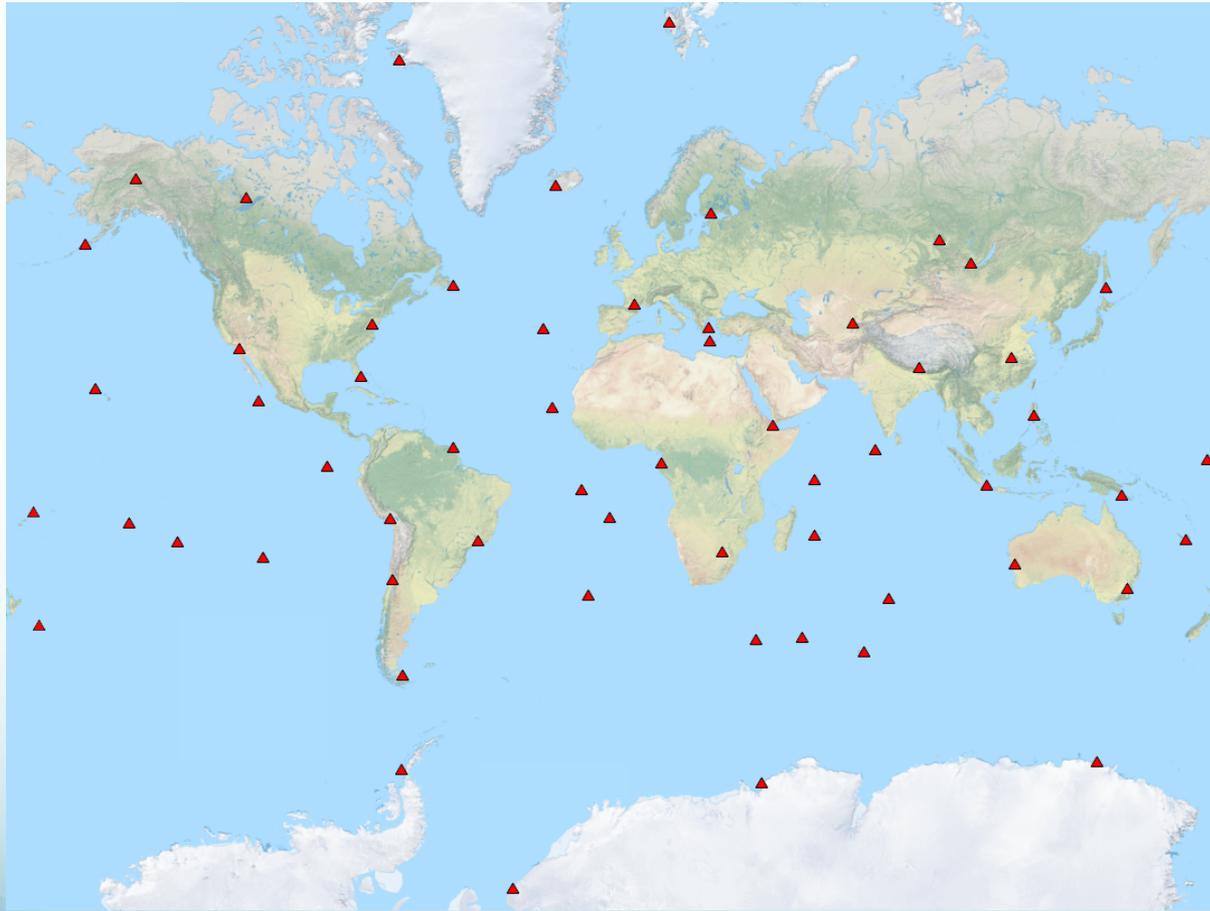
Télémétrie Laser



Télémétrie Laser



Réseau de poursuite DORIS



56 balises

50% co-location

Balises DORIS



Crète



Antarctique

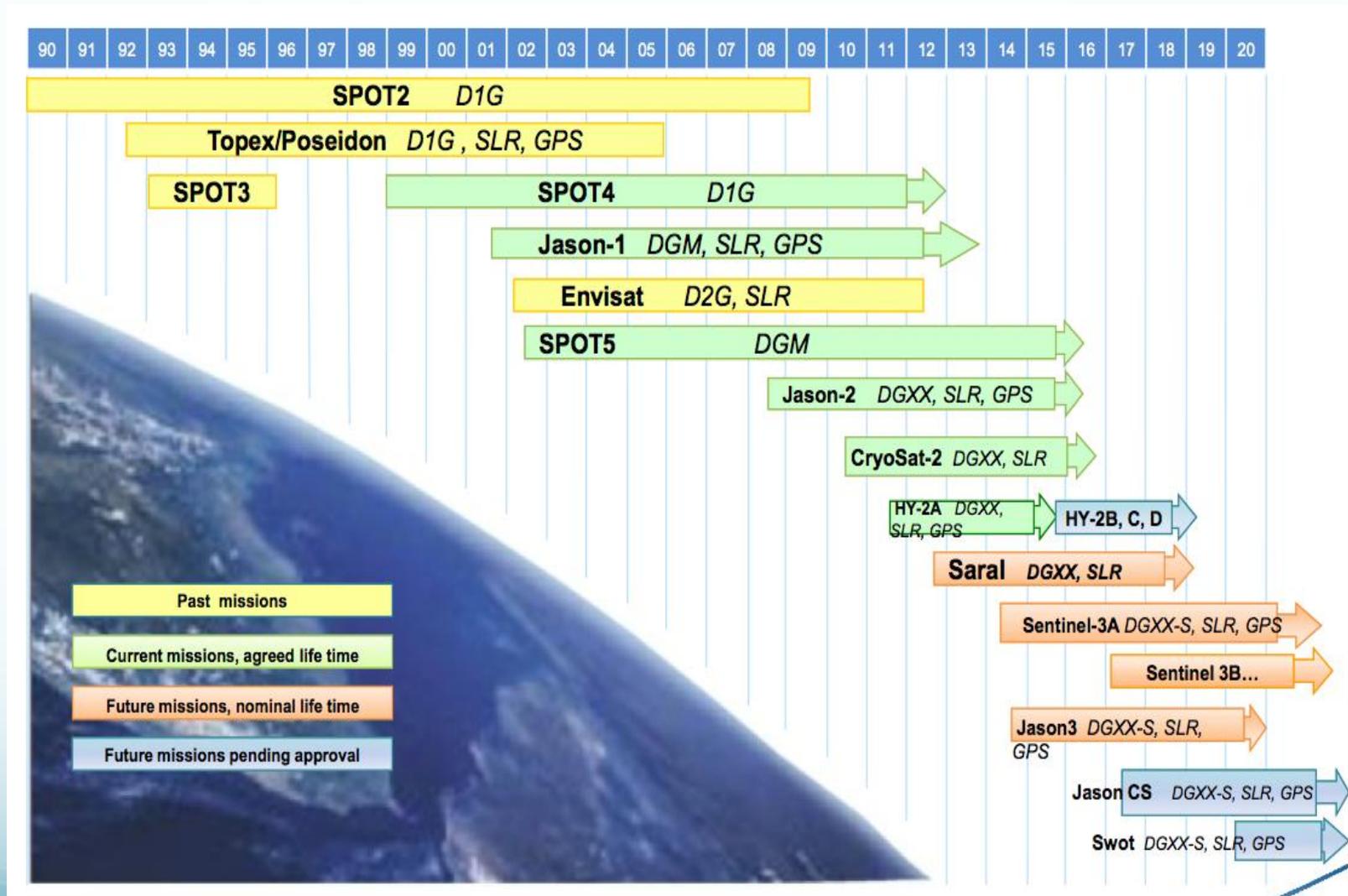


Ny Alesund

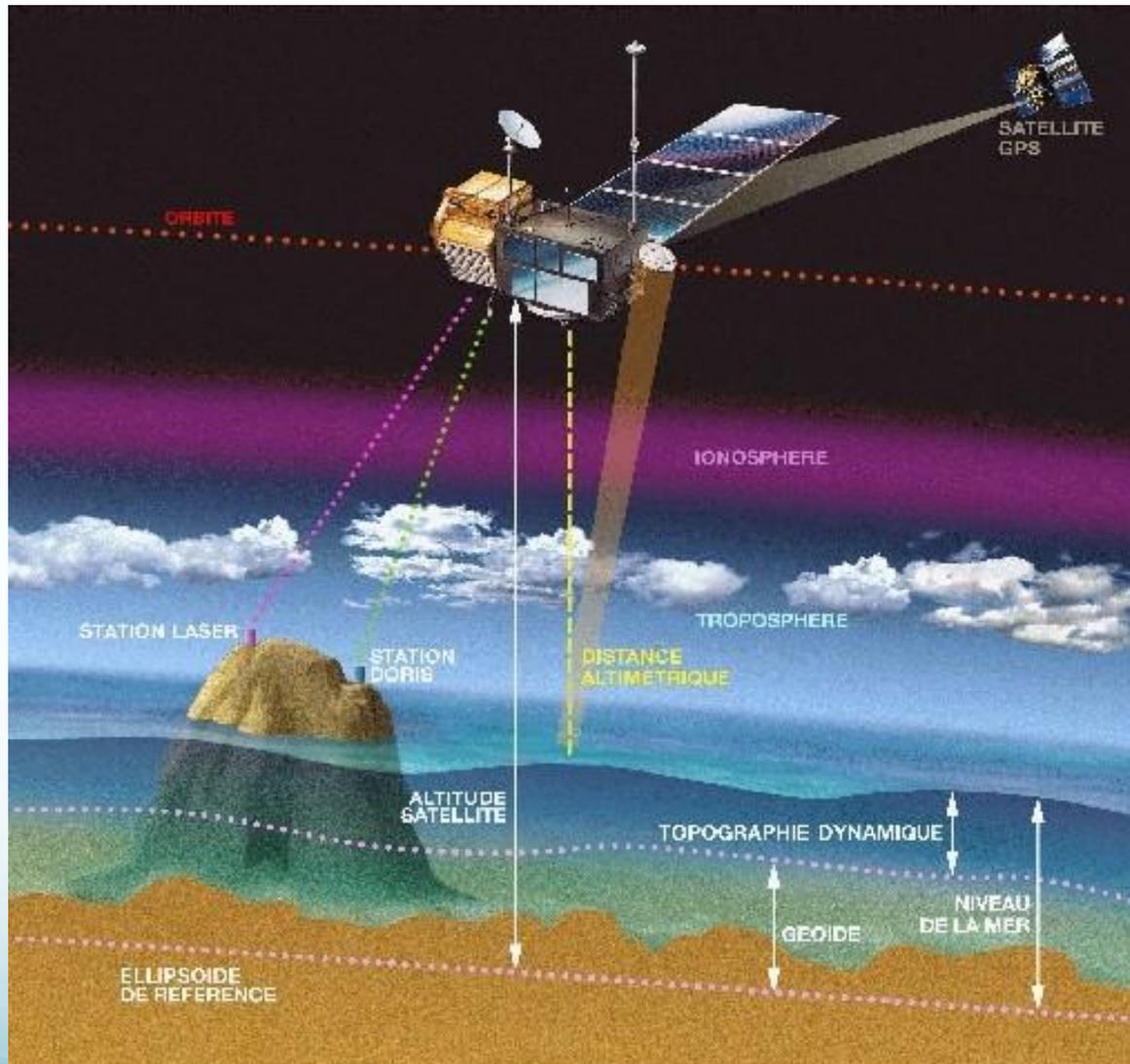


Rikitea

Satellites DORIS



DORIS - principe



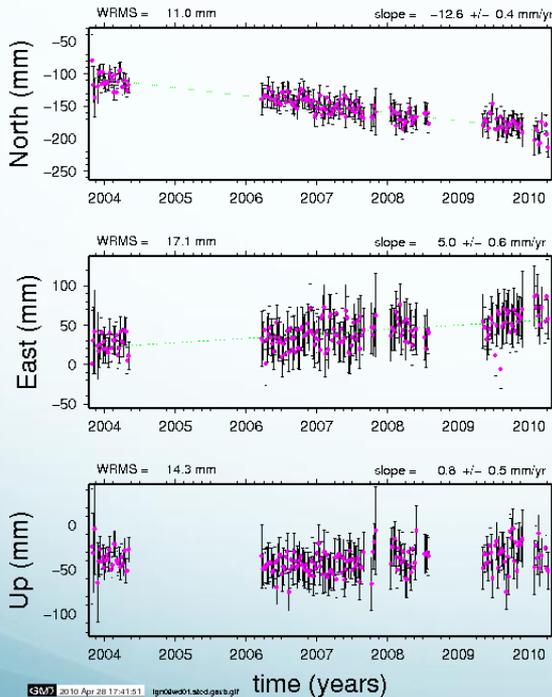
Séries temporelles coordonnées DORIS

DORIS weekly solutions – IGN/JPL Analysis Center

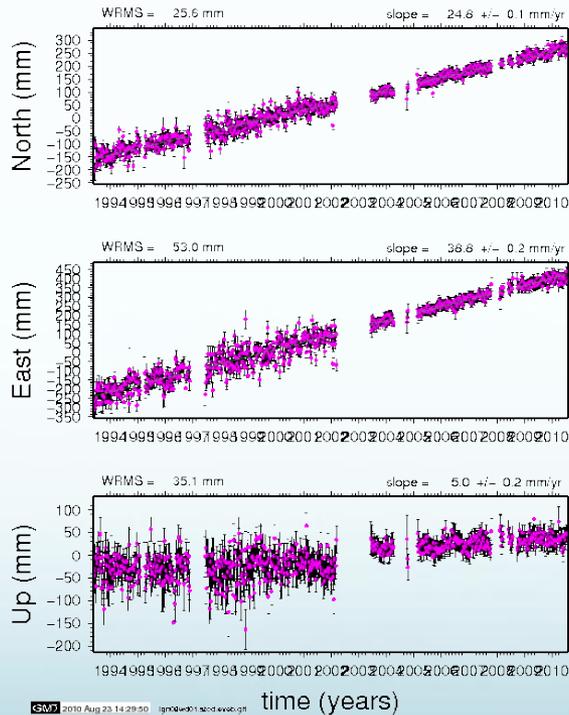
DORIS weekly solutions – IGN/JPL Analysis Center

DORIS weekly solutions – IGN/JPL Analysis Center

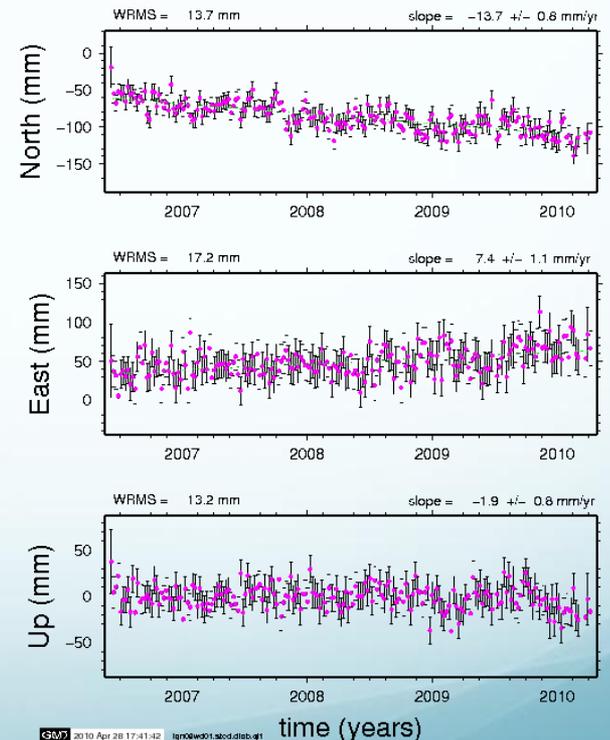
ign09wd01 GAVB



ign09wd01 EVEB

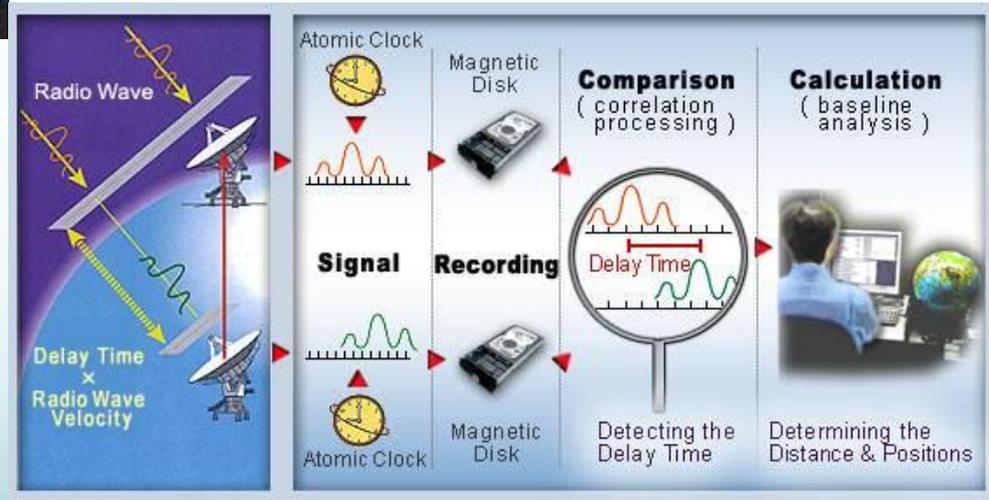
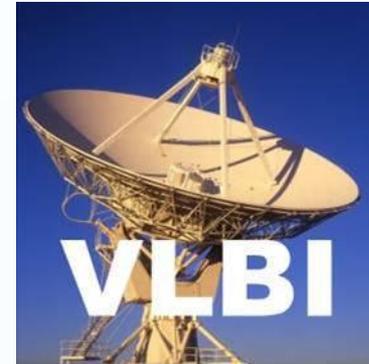
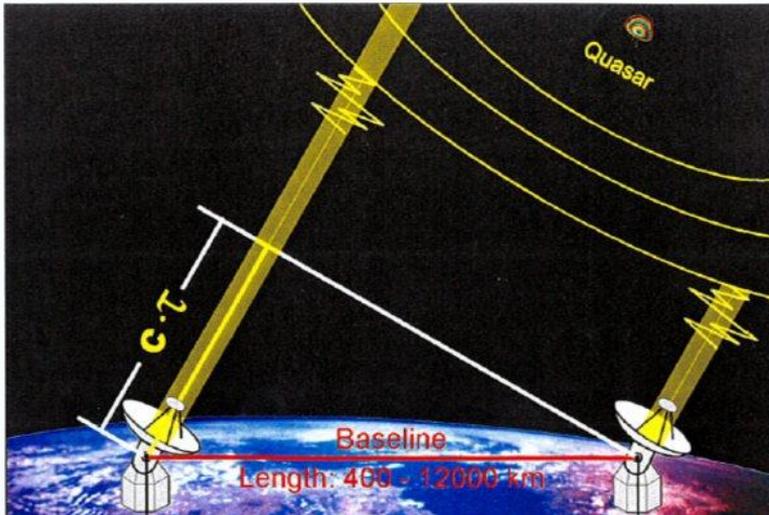


ign09wd01 DIOB



VLBI

(Intérférométrie à très longue base)

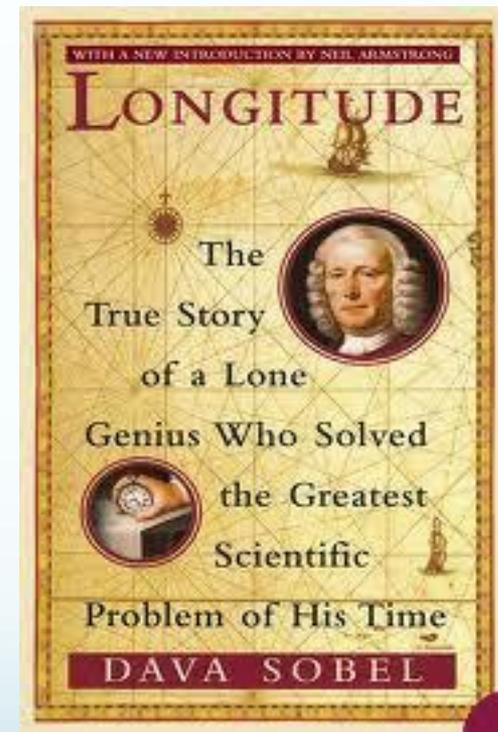
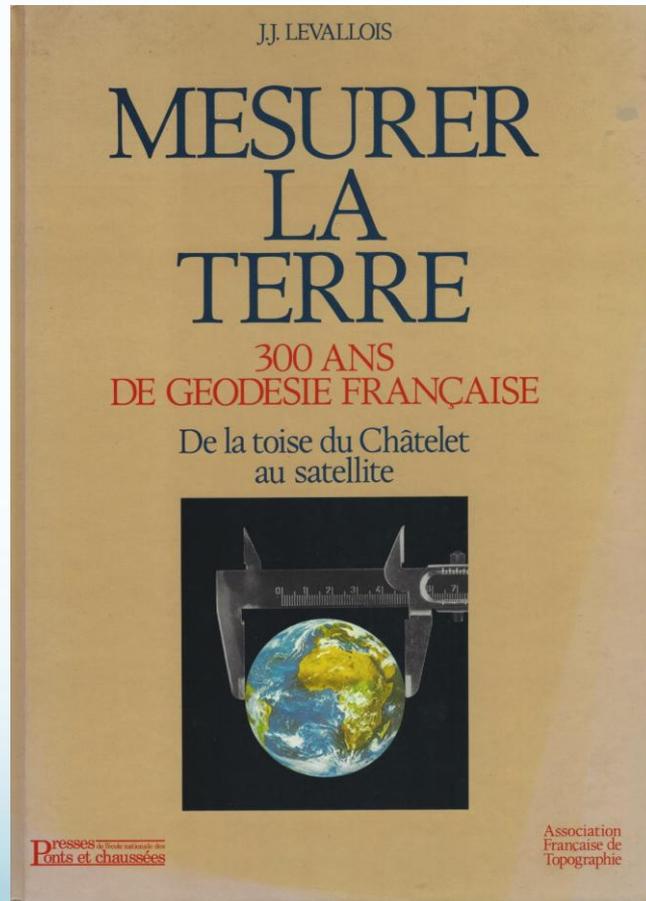


CONCLUSIONS

- Outil spatial essentiel pour la géodésie
- Performances / facteur 1000
- Transfert de temps
- Utilisation opportuniste de systèmes existants (GPS pour la navigation)

Pascal Willis <pascal.willis@ign.fr>

BACKUP SLIDES



Les Références de Temps et d'Espce

Un panorama encyclopédique :
histoire, présent et perspectives

Coordonné
par Claude Boucher



BON DE SOUSCRIPTION

Je désire recevoir exemplaire(s) **Les Références de Temps et d'Espce**
au prix préférentiel de **32€ – 25 € TTC.**

(Frais de port offerts pour la France métropolitaine / Hors France métropolitaine, merci d'ajouter 5 €)

Je souhaite recevoir ma commande à l'adresse suivante :

Mme, Mlle, M. :

Adresse de livraison :

Code postal : Ville :

Téléphone : Mail :

Adresse de facturation si différente :

Je joins à ma commande un chèque d'un montant de : et je renvoie le tout à :

Hermann (service VPC), 6 rue Labrouste - 75015 - Paris - FRANCE

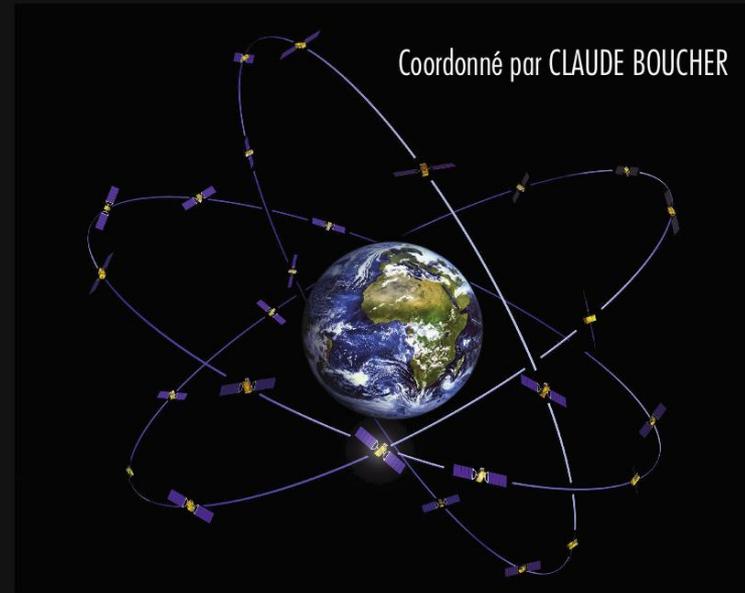
Tél : 00 33 1 45 57 45 40 / Fax : 01 40 60 12 93 /

mail : contact.commercial@editions-hermann.fr

LES RÉFÉRENCES DE TEMPS ET D'ESPCE

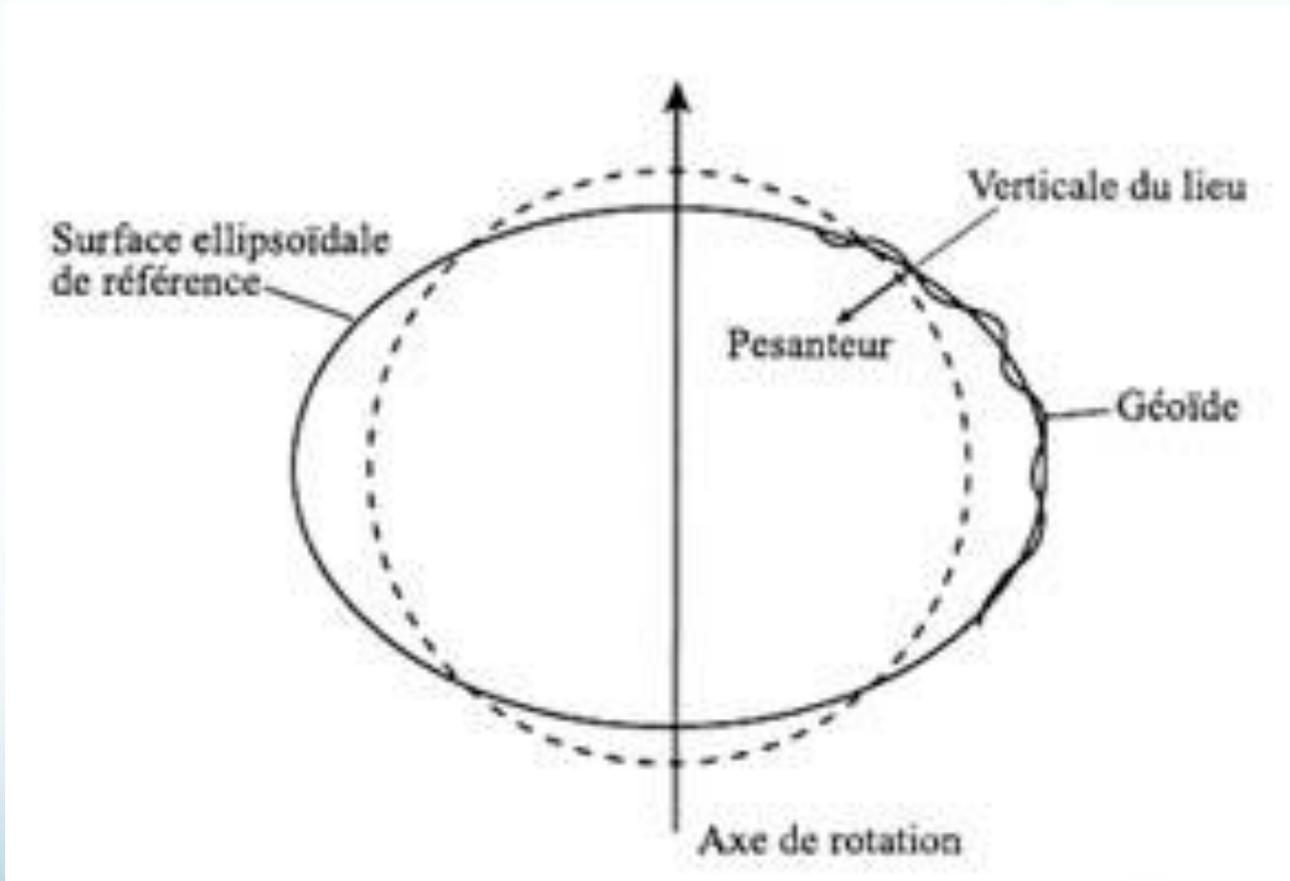
Un panorama encyclopédique :
histoire, présent et perspectives

Coordonné par CLAUDE BOUCHER




hermann



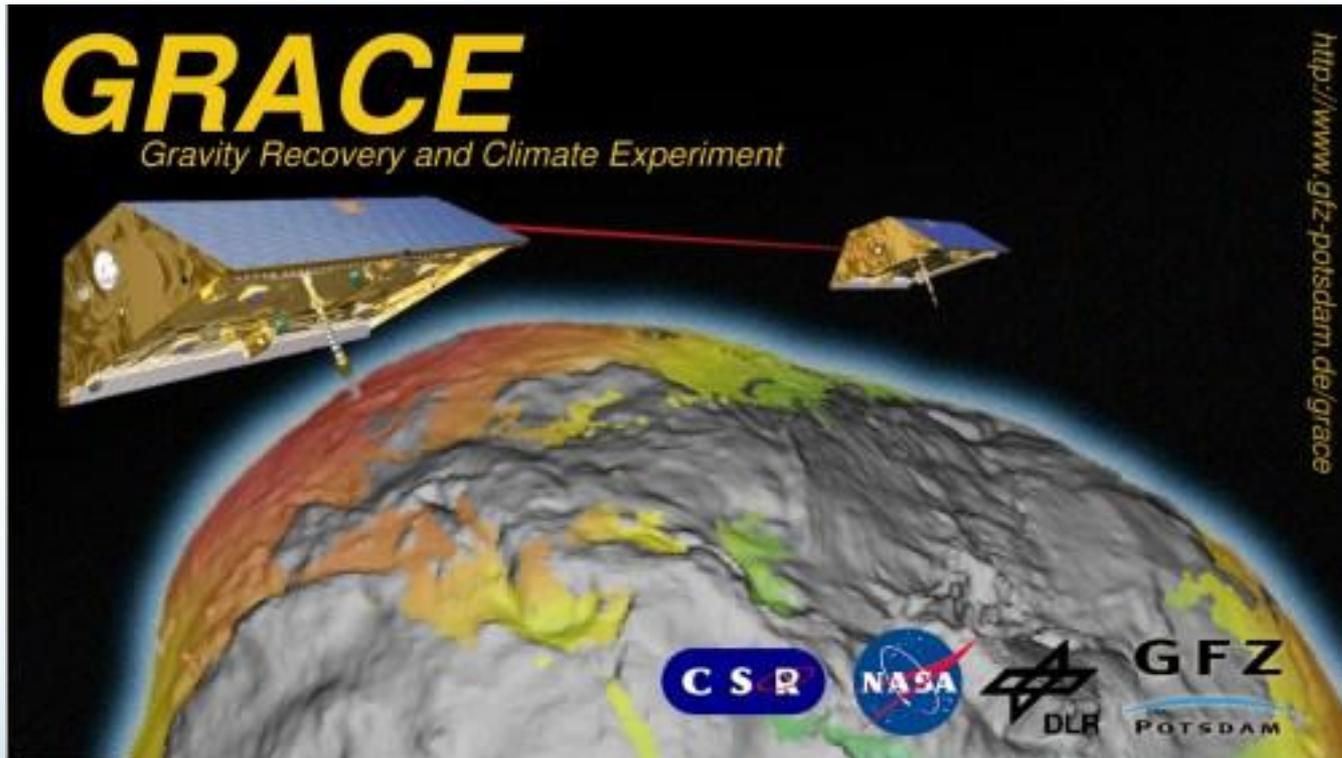


RGF93

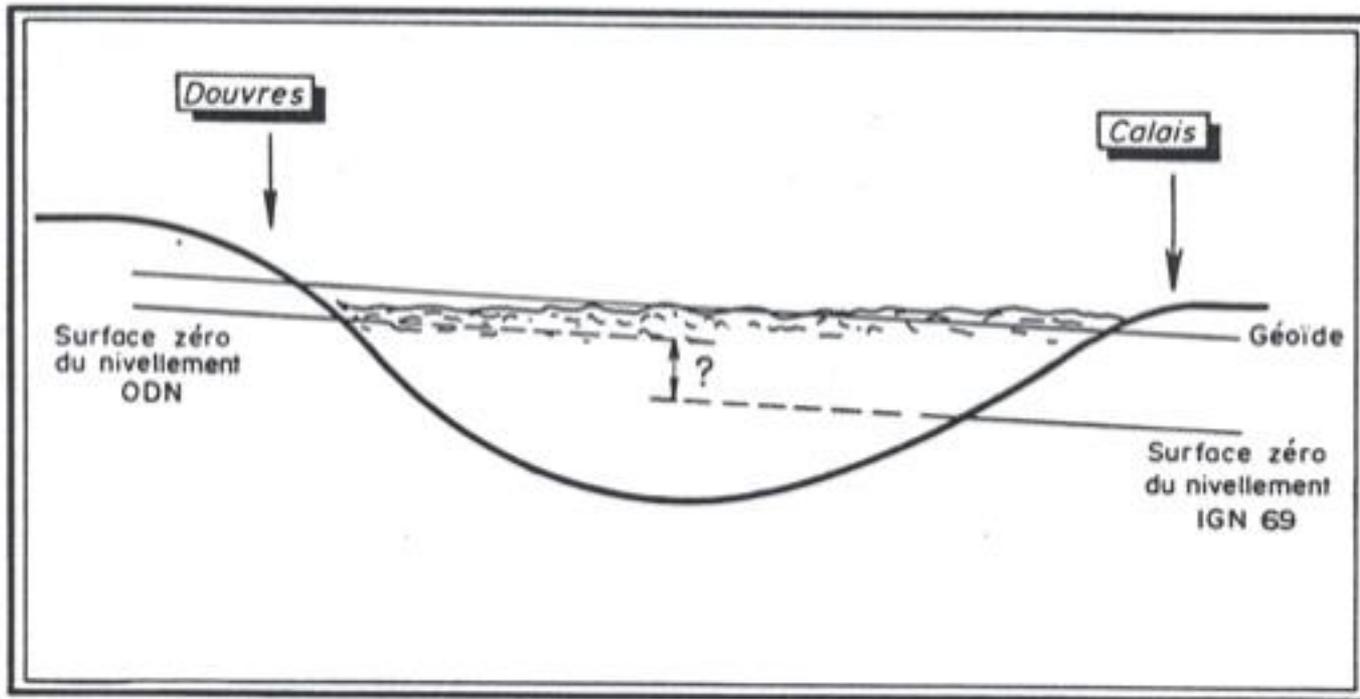


Autres applications/ GPS sur satellites bas

...



Tunnel sous la Manche



Codage GPS

