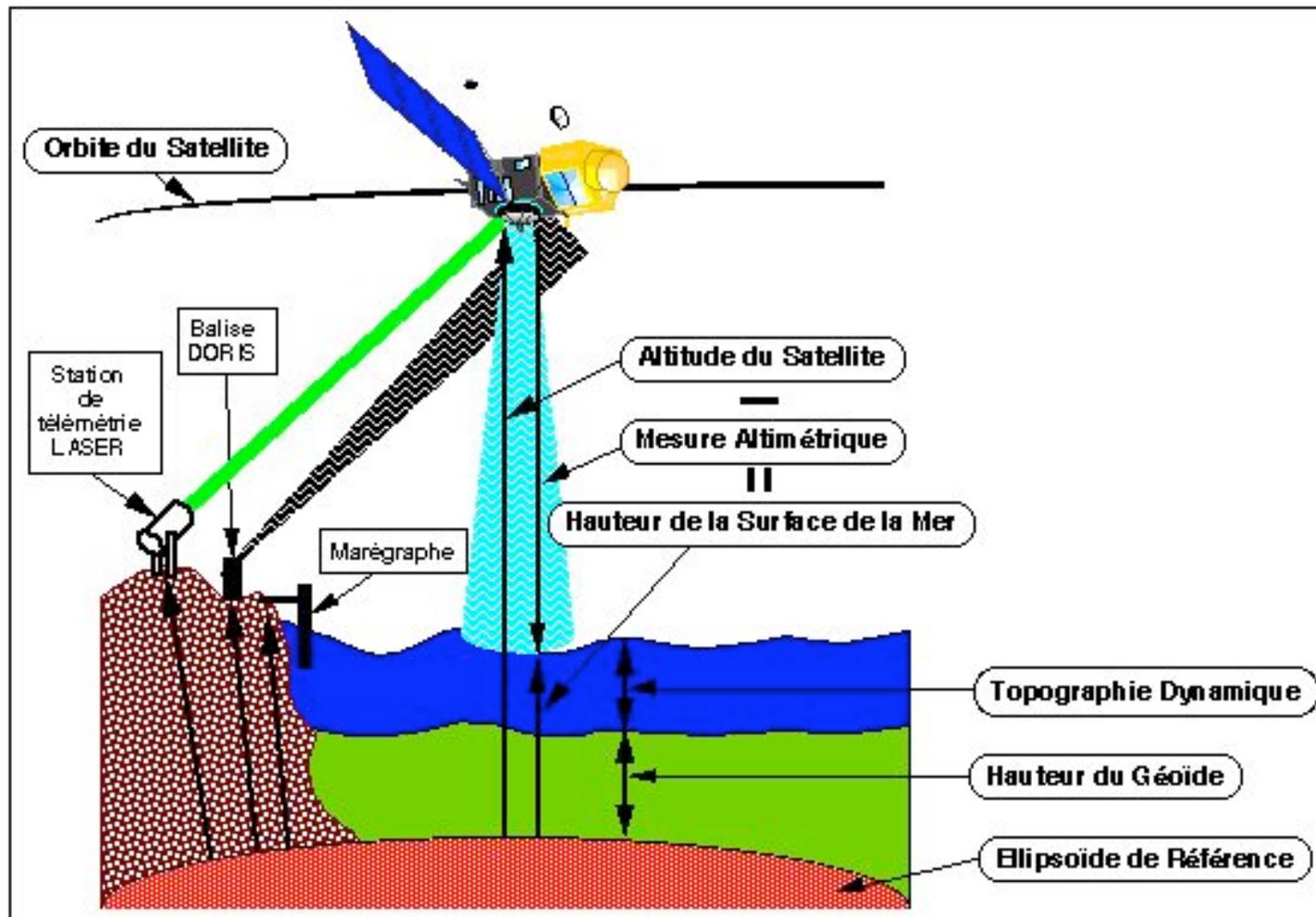
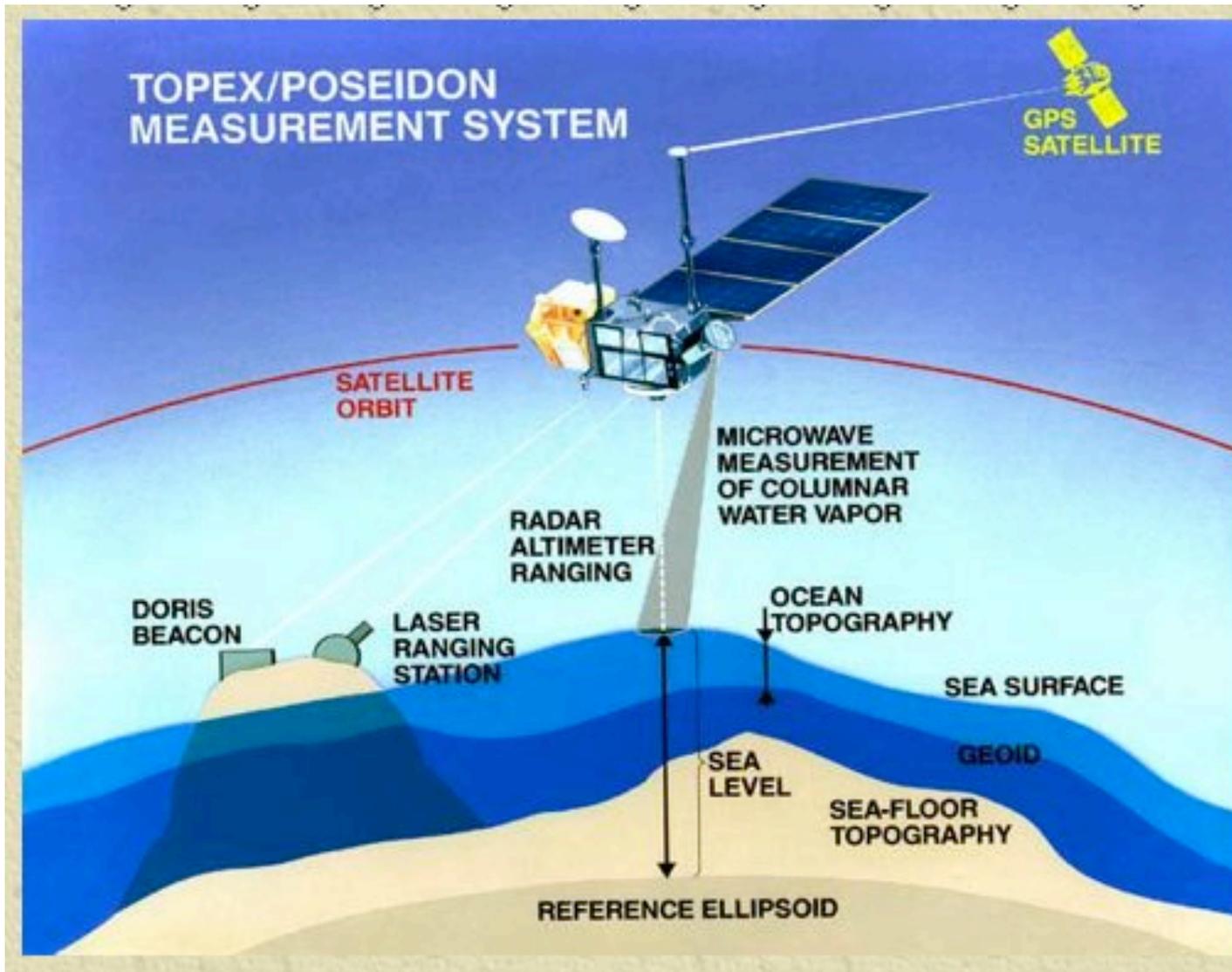


Altimétrie

Principe de l'altimétrie





1970-1980
 GEOS-3, SEASAT

1980-1990
 USN GEOSAT

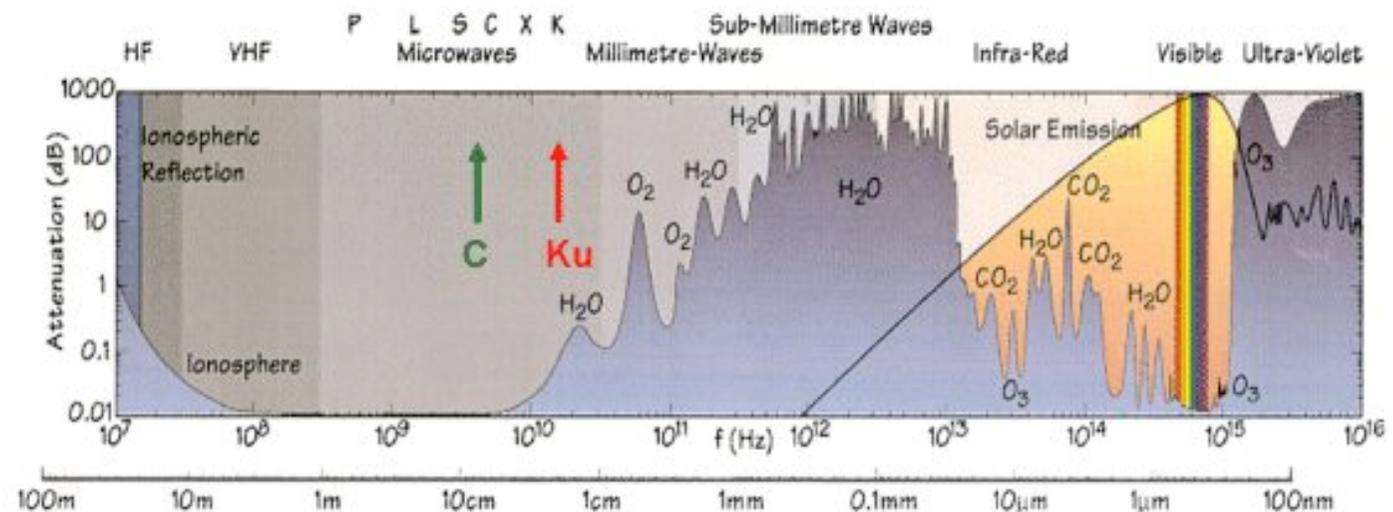
1990-2002
 ESA ERS-1, ERS-2
 NASA/CNES
 TOPEX/POSEIDON

2002-
 NASA/CNES JASON
 ESA ENVISAT

- Fréquences de l'altimètre Jason
 - 13.5 GHz (Bande K) et 5.3 GHz (Bande C)
 - GPS ($f_1=1227,60$ et $f_2=1575,42$ MHz, bande L)
 - Quel est l'effet de l'ionosphère ?

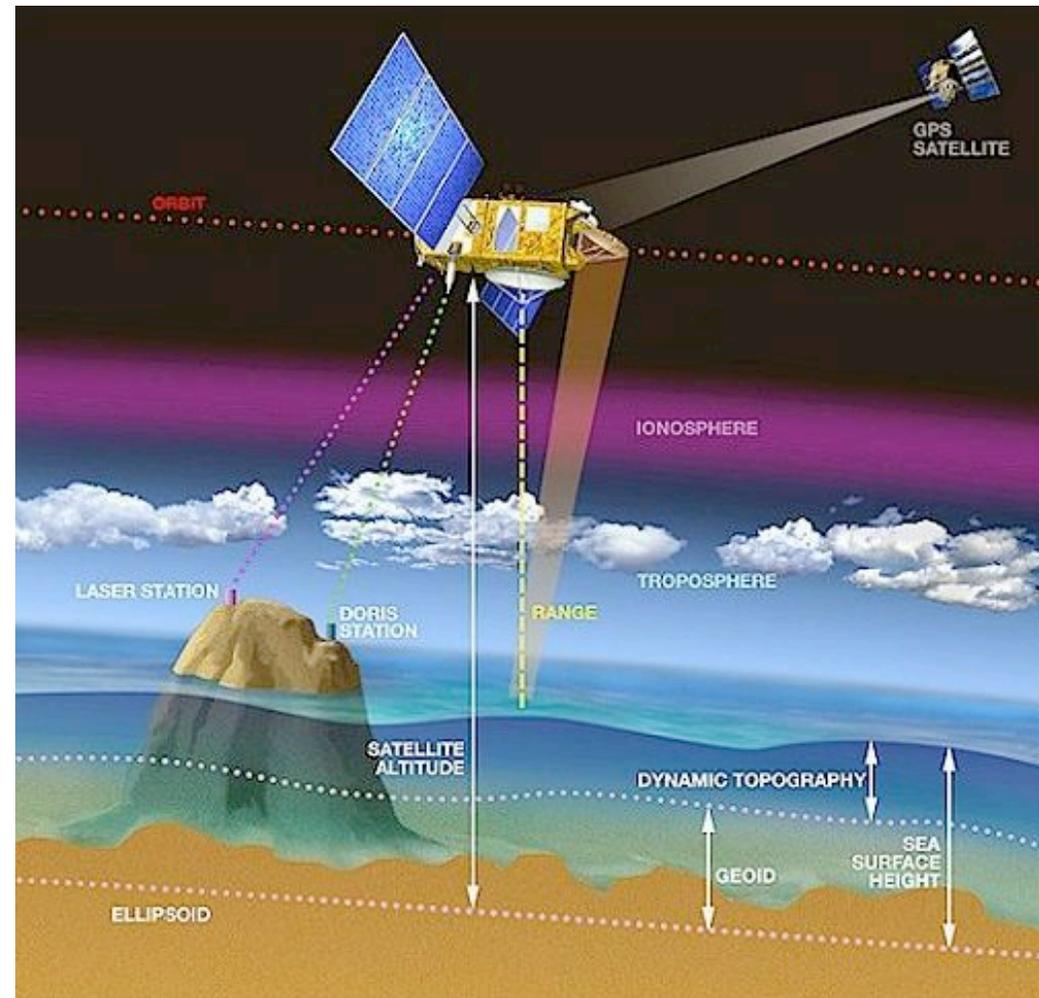
Bandes de fréquence micro-ondes
 Désignation Gamme de fréquences

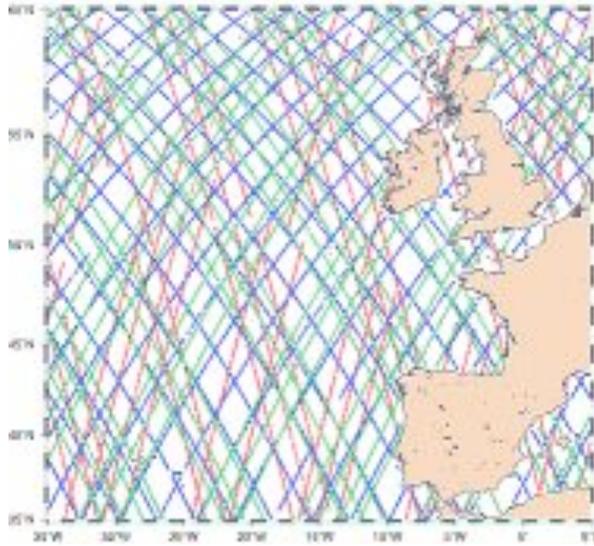
Bande L	de 1 à 2 GHz
Bande S	de 2 à 4 GHz
Bande C	de 4 à 8 GHz
Bande X	de 8 à 12 GHz
Bande Ku	de 12 à 18 GHz
Bande K	de 18 à 26 GHz
Bande Ka	de 26 à 40 GHz
Bande Q	de 30 à 50 GHz
Bande U	de 40 à 60 GHz
Bande V	de 46 à 56 GHz
Bande W	de 56 à 100 GHz



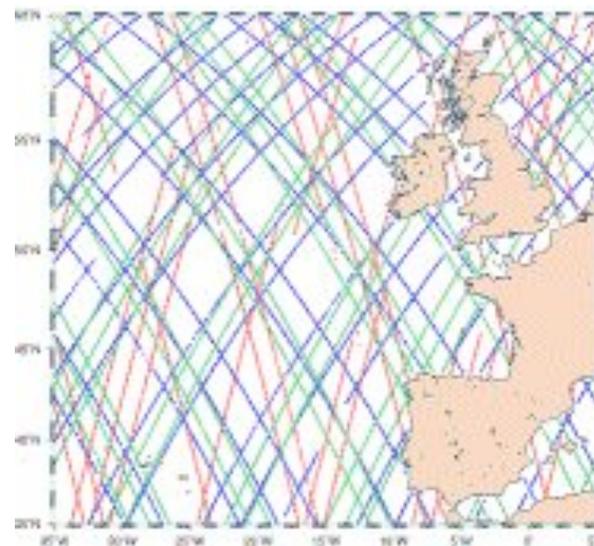
- Plus de 1000 mesures par secondes
- Erreur de 2 cm dans la distance
- Voir

<http://www.altimetry.info>

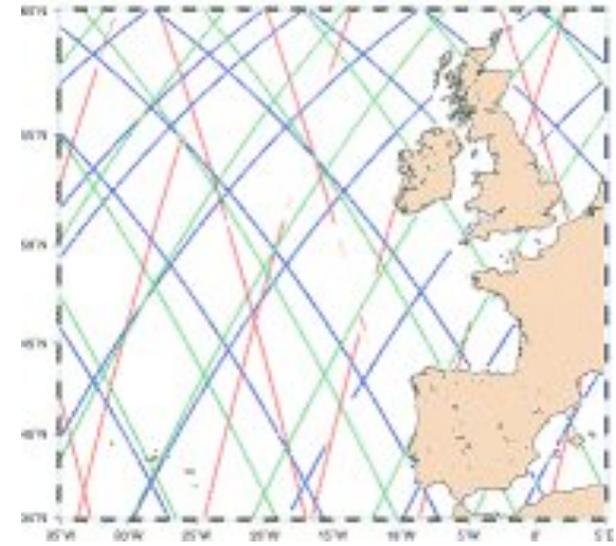




10 jours

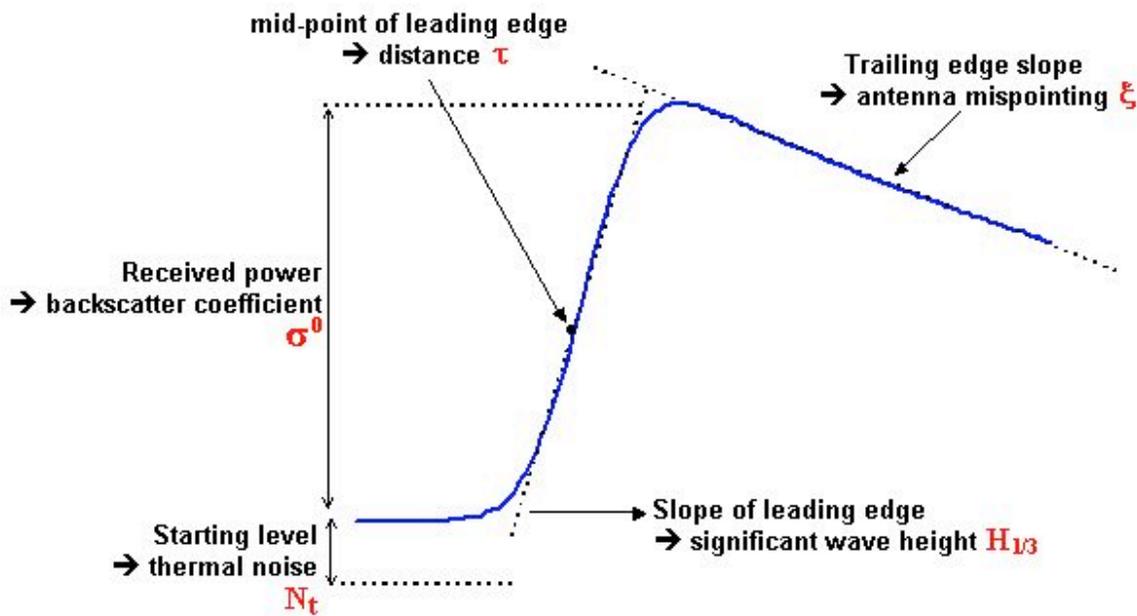


7 jours



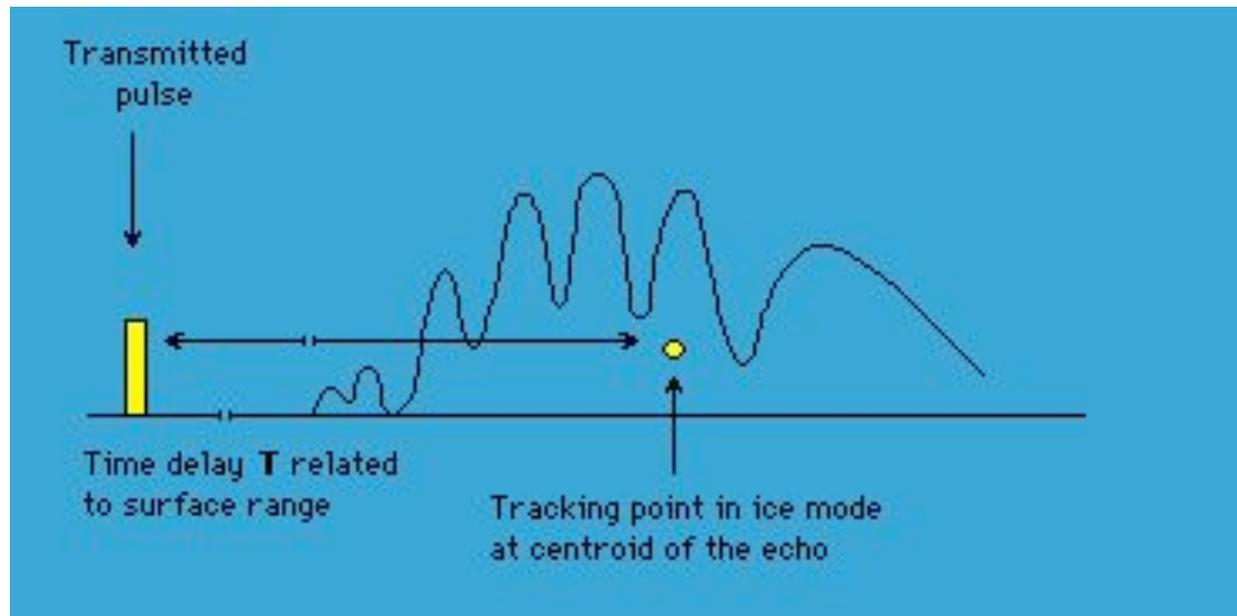
3 jours

- Jason 1 : cycle de 10 jours avec décallage de 315 km
- ERS: cycle de 35 jours avec décallage de 80 km

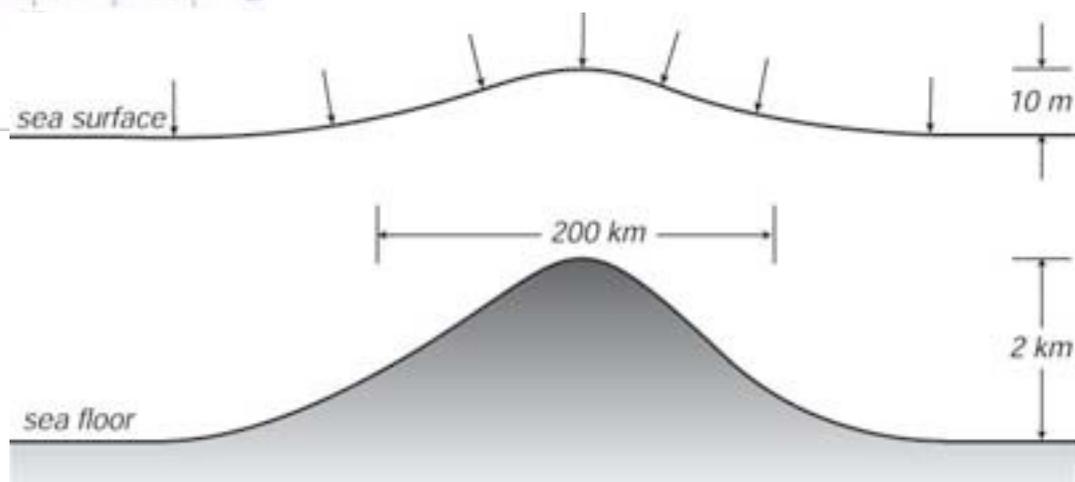
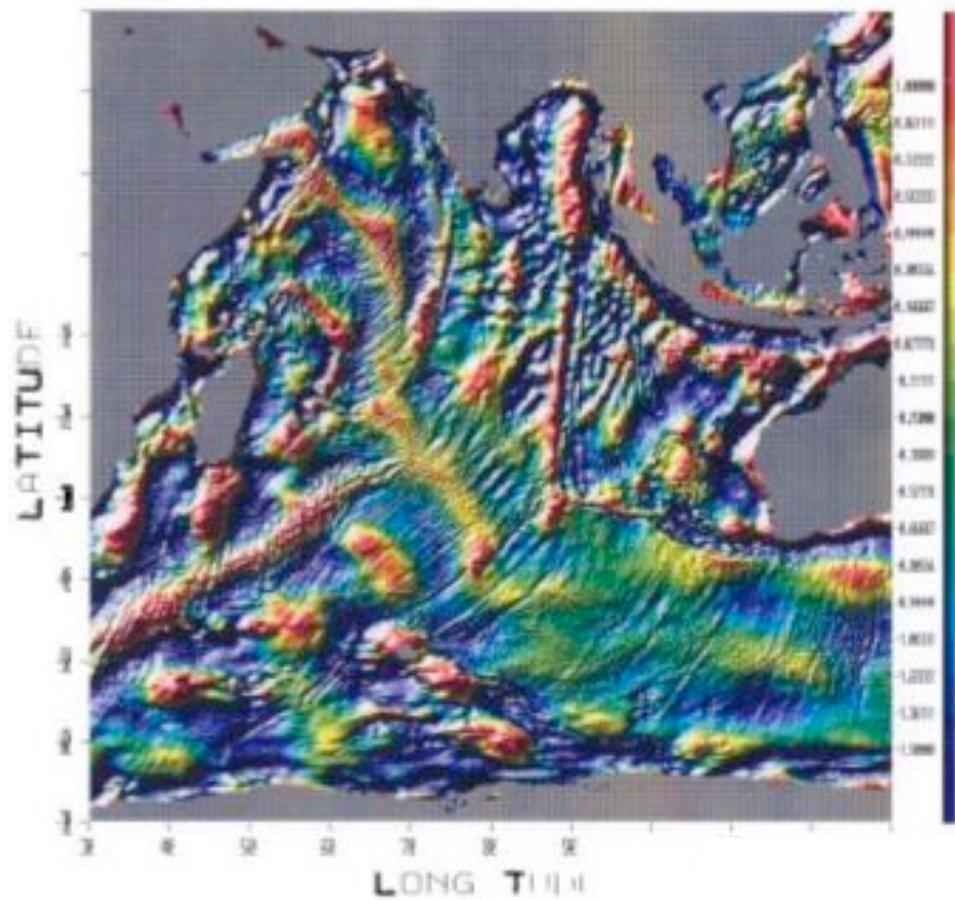


Echo sur eau

Echo sur glace



ERS 8 GEOSAT



Seafloor topography from satellite altimetry

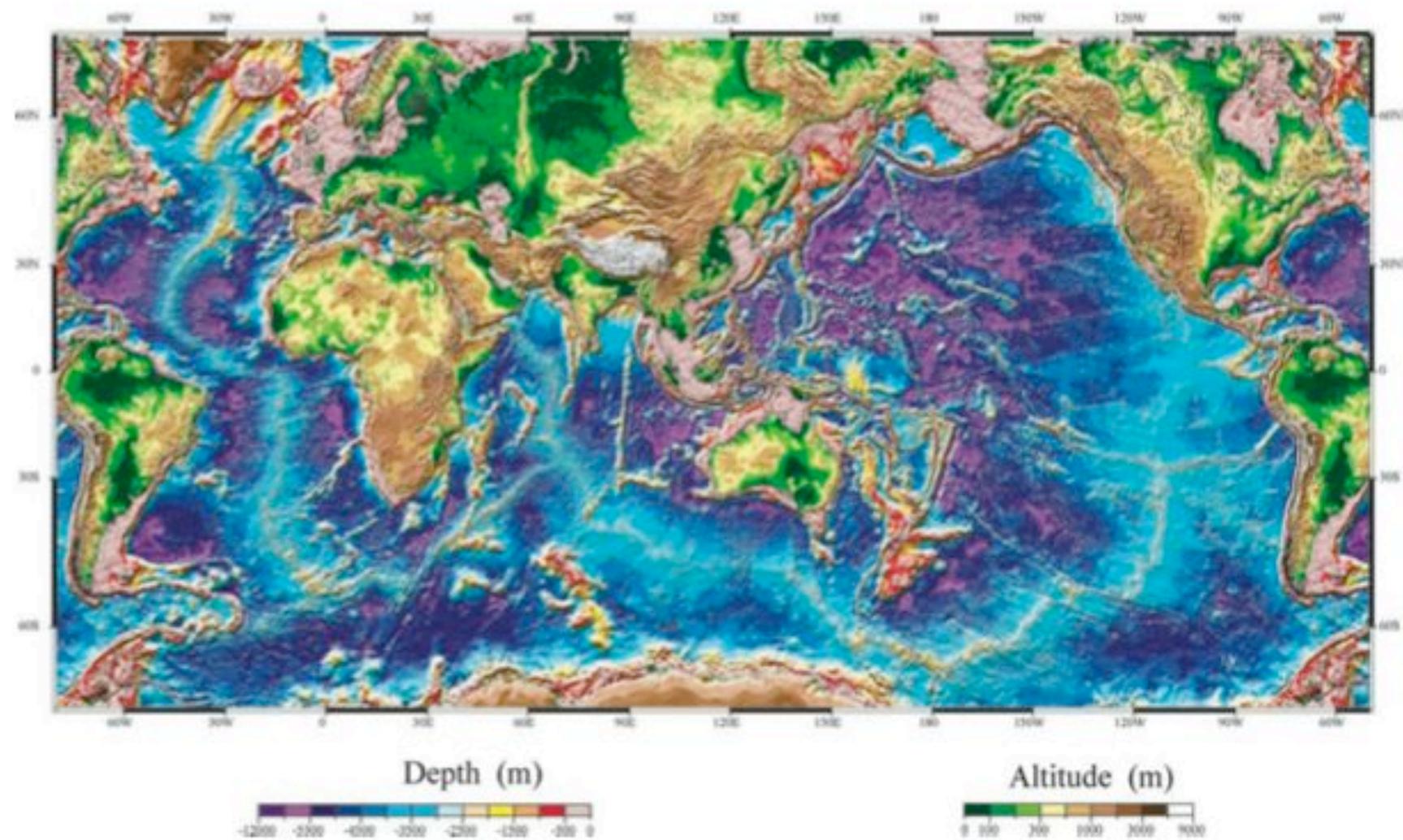


Figure 2. Worldwide map of the seafloor depths computed in this study (in m).

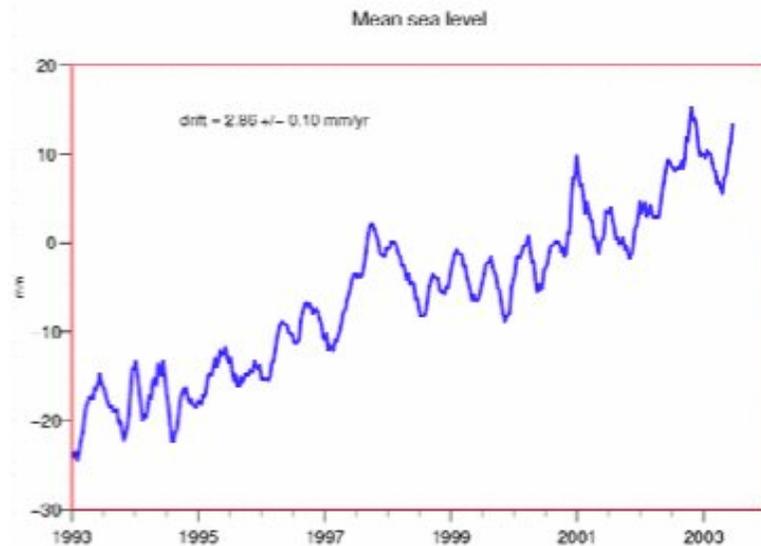


Fig.5 : Courbe d'évolution du niveau moyen global de la mer mesurée par le satellite Topex/Poseidon entre 1993 et 2003.

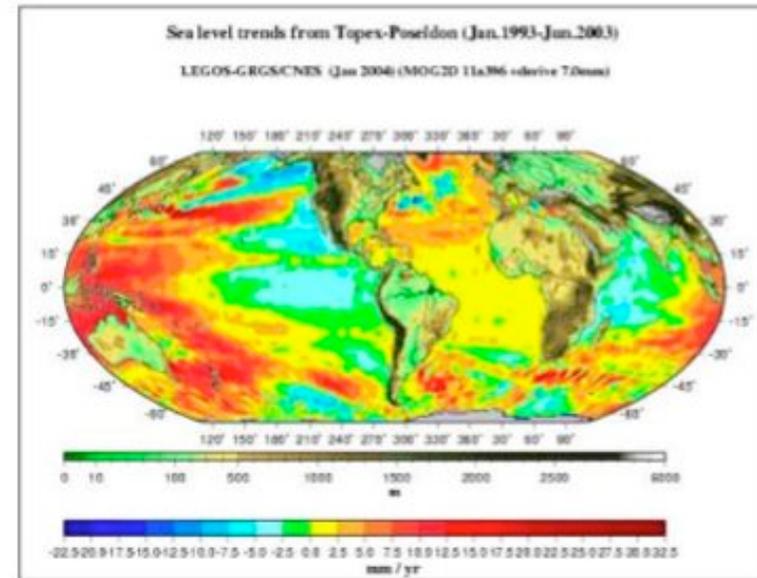


Fig.6 : Distribution géographique des dérives du niveau de la mer mesurées par Topex/Poseidon entre janvier 1993 et juin 2003.

- Expansion thermique (0.5 ± 0.2 mm/an), Fonte des glaciers de Montagne (0.3 ± 0.1 mm/an), Bilan Antarctique et Groenland (0.1 ± 0.3 mm/an), Eau continentale (-0.35 ± 0.75 mm/an) = 0.7 ± 1.5 mm/an
- En savoir plus: <http://e2phy.in2p3.fr/2003/actesCazenave.pdf>



Fig.8 : Image de la mer d'Aral prise par satellite en novembre 2000. Depuis les années 1960, le volume de la mer d'Aral a diminué de 80%, son niveau a baissé de 18 m et ses rivages ont reculé de plusieurs dizaines de km. Cette réduction dramatique des eaux de la mer d'Aral résulte du détournement des deux fleuves le Syr et l'Amou qui déversaient la totalité de leur eau dans la mer jusque dans les années 1960. Depuis cette date, l'eau des fleuves est utilisée pour irriguer les terres agricoles, en particulier les champs de coton.

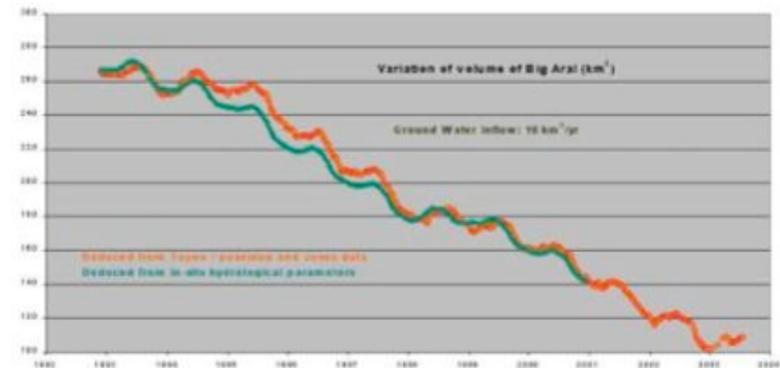
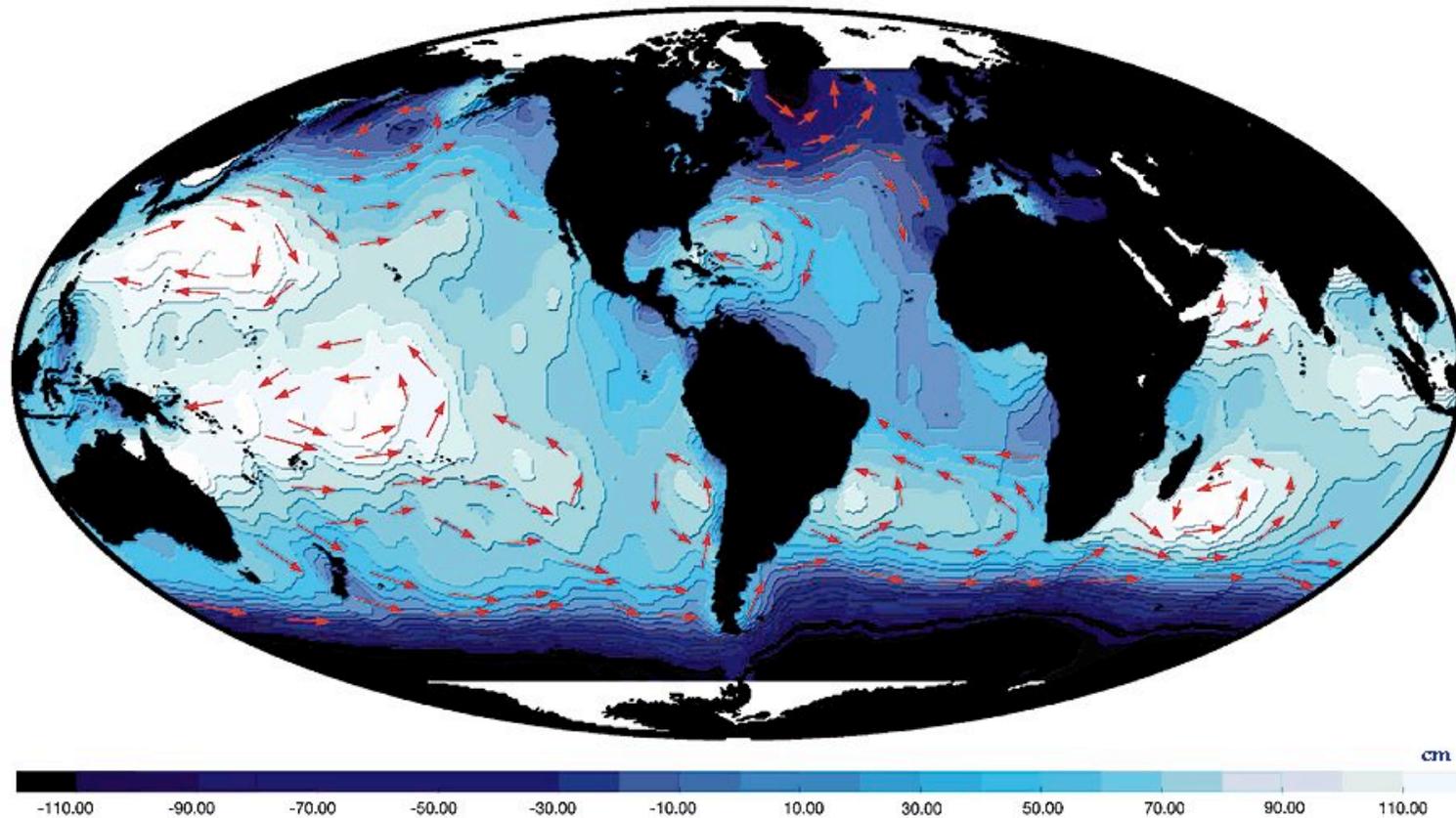


Fig. 9 : Variations temporelles du volume d'eau de la grande Aral (bassin sud) déduites des mesures de hauteur d'eau de Topex/Poseidon depuis 1993. Entre 1993 et 2003, le niveau de la mer a baissé de 4 mètres.

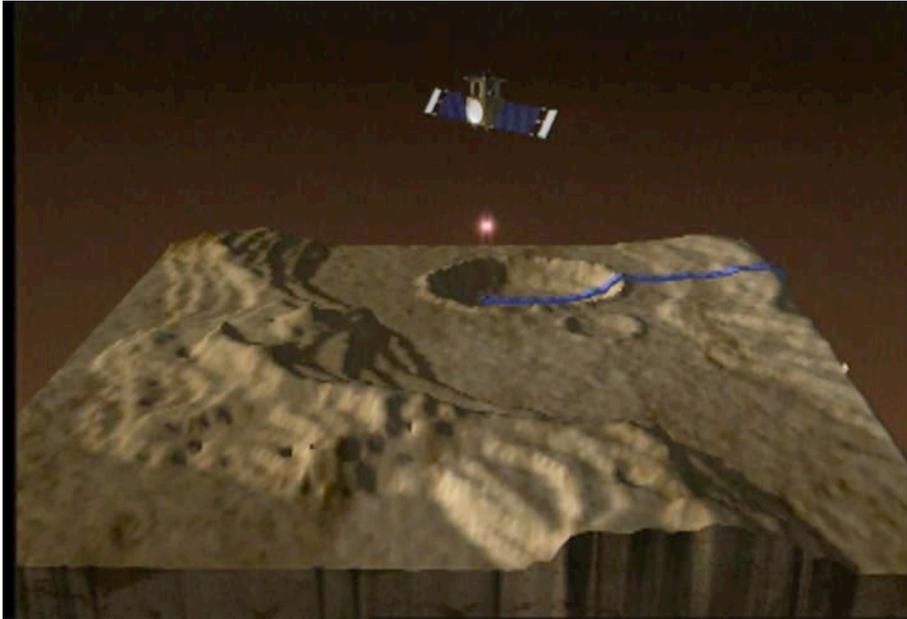
Topographie dynamique de la surface de la mer observée par TOPEX/POSEIDON



- La topographie dynamique est l'analogie du champ de pression en météorologie: les courants océaniques de surface (flèches rouges) suivent les courbes de niveau avec une vitesse proportionnelle à sa pente locale. Dans l'hémisphère Nord, les courants tournent dans le sens des aiguilles d'une montre autour des bosses et en sens inverse autour des creux, à l'opposé de ce qui se passe dans l'hémisphère Sud. La topographie dynamique cartographiée a été obtenue à partir des observations du satellite altimétrique Topex/Poséidon. L'échelle va de -110 cm (bleu foncé) à +110 cm (bleu clair). Elle permet d'identifier la circulation océanique globale avec ses gyres et les courants de bord Ouest (Gulf Stream dans l'Atlantique, Kuroshio au large du Japon). Notez aussi les deux niveaux entre le Pacifique et l'Atlantique dus aux différences de salinité.

Autres méthodes d'altimétrie

Altimétrie et planétologie:

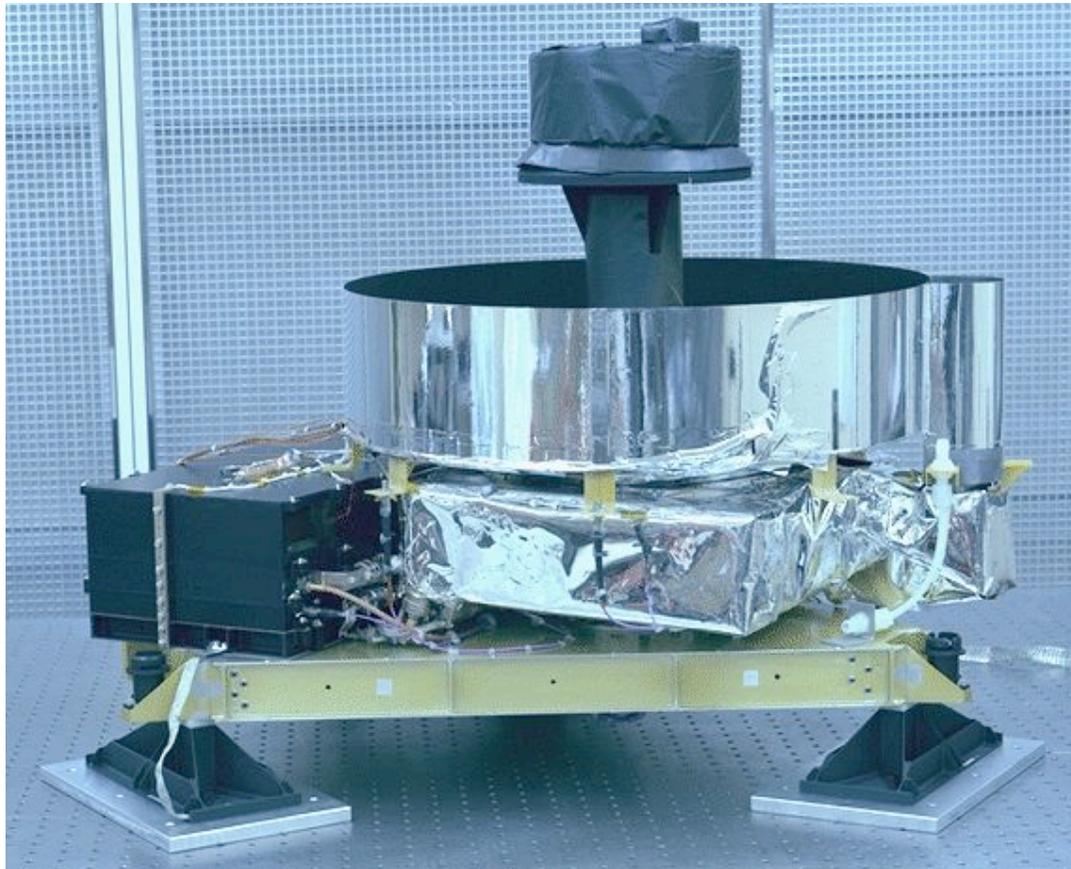


- Première mesure radar depuis la Terre (Goldstone, Aricebo, etc) 200 m de précision
- Mesure d'occultation radio des sondes Mariner 9 et Viking
 - Structure de grande échelle $s < 8$

- MGS: expérience MOLA (Zuber et al.)
 - Résolution latérale (taille du spot): 130-330 m
 - Résolution absolue: 10 m
 - Résolution relative: 35 cm



MOLA: Mars Orbiter Laser Altimeter



Range Precision: ~ 37 cm

Absolute Vertical Resolution: <10 m

Surface Spot Size: 130 m

Along Track Shot Spacing: ~ 330 m

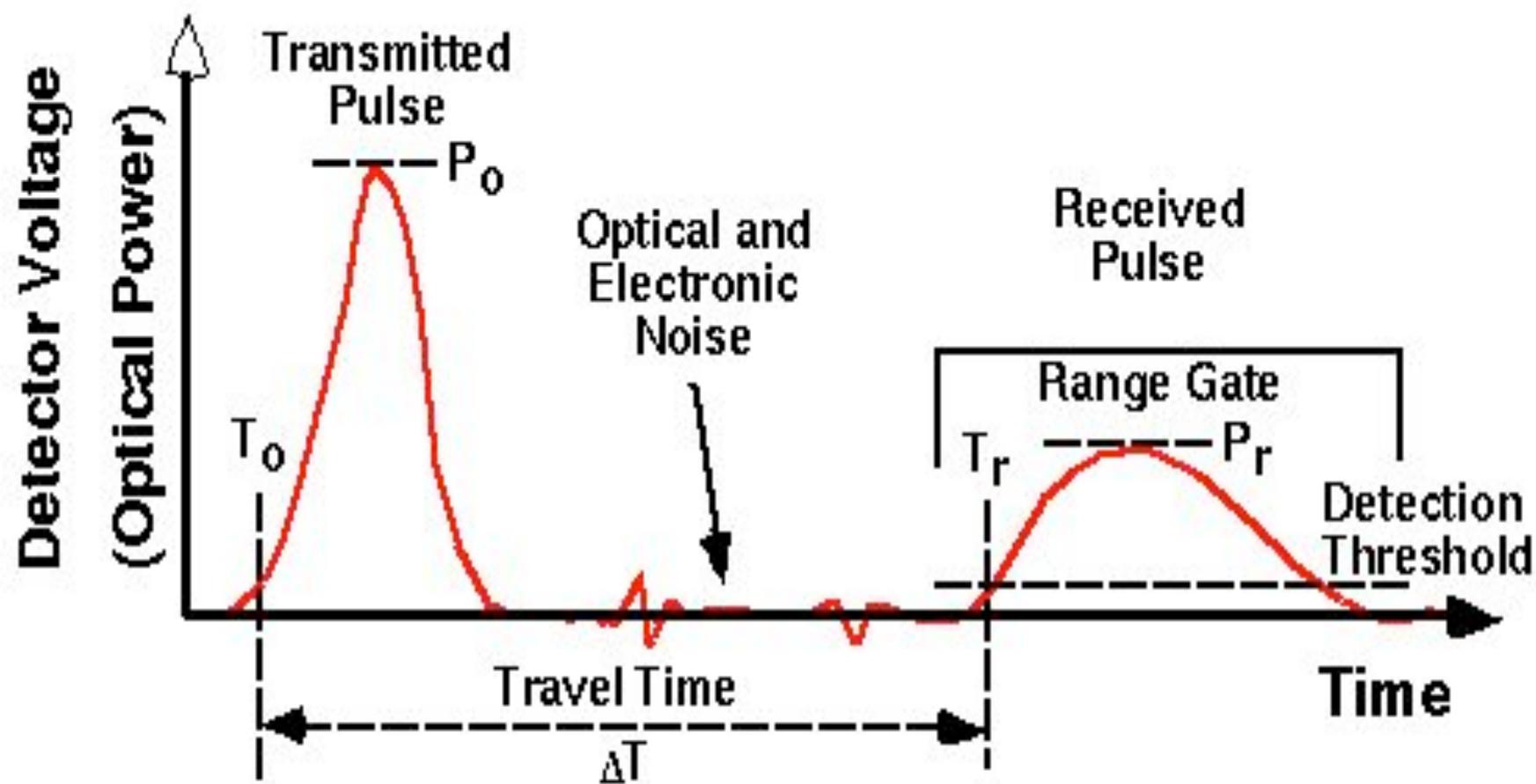
Cross-Track Spacing: ~ 1 -30 km (equator)

Mass: 25 kg

Total number of Shots: ~ 640 Million

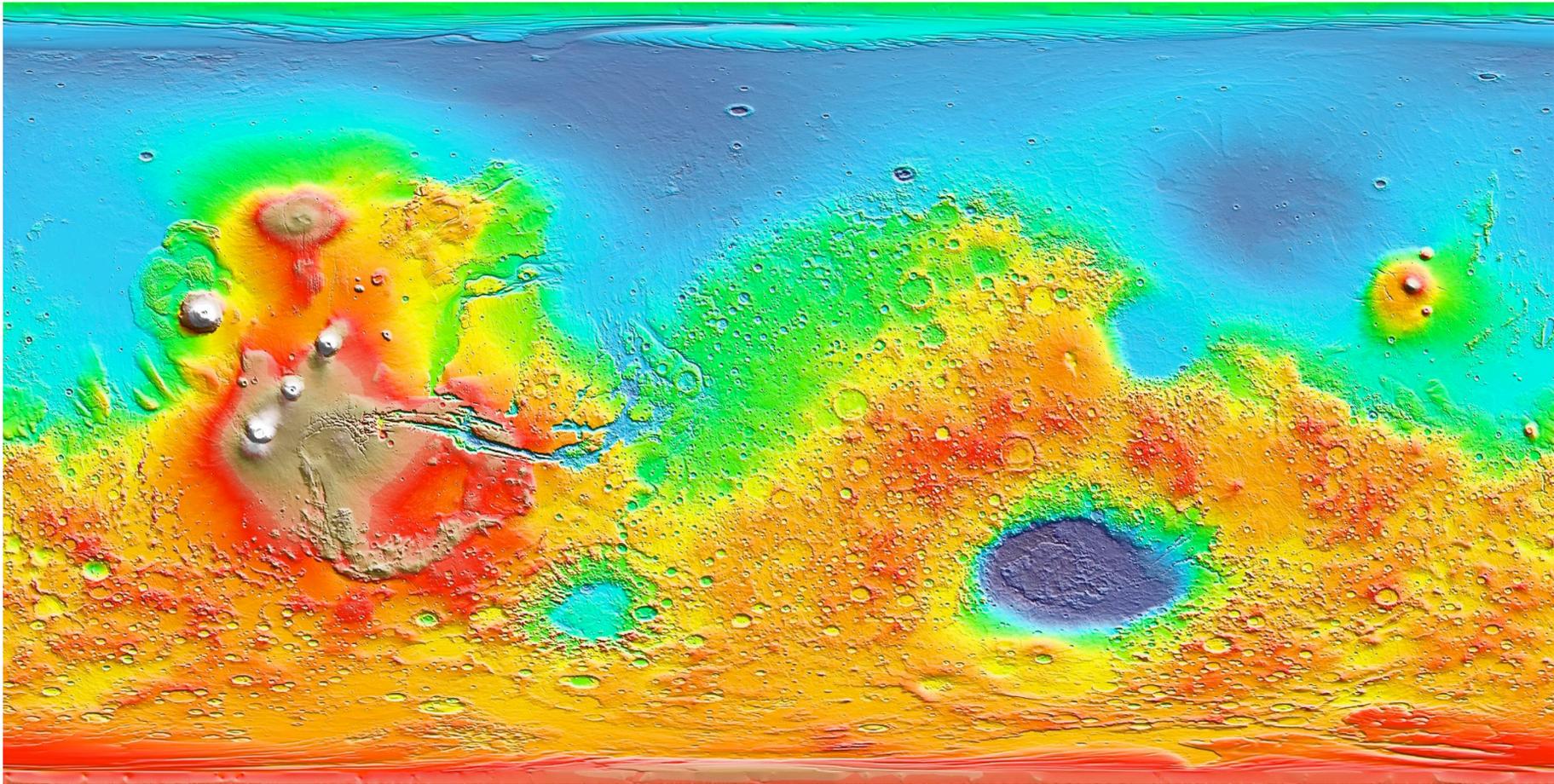
Currently acting as a radiometer

LASER RANGING SCHEMATIC



$$\text{Range } z = c \frac{\Delta T}{2}$$

- T_0 = Transmitted pulse time
- P_0 = Transmitted pulse power
- T_r = Received pulse time
- P_r = Received pulse power



Moyens d'observations et
systèmes d'alertes
tsunami: moyens spatiaux

Les moyens d'observation



Moyens au sol:

- les sismomètres (mouvement du sol)
- les marégraphes (mouvement de la surface de l'eau)
- les capteurs de pression (mouvement de la hauteur d'eau)
- les mesures sur le terrain

Outils satellitaires:

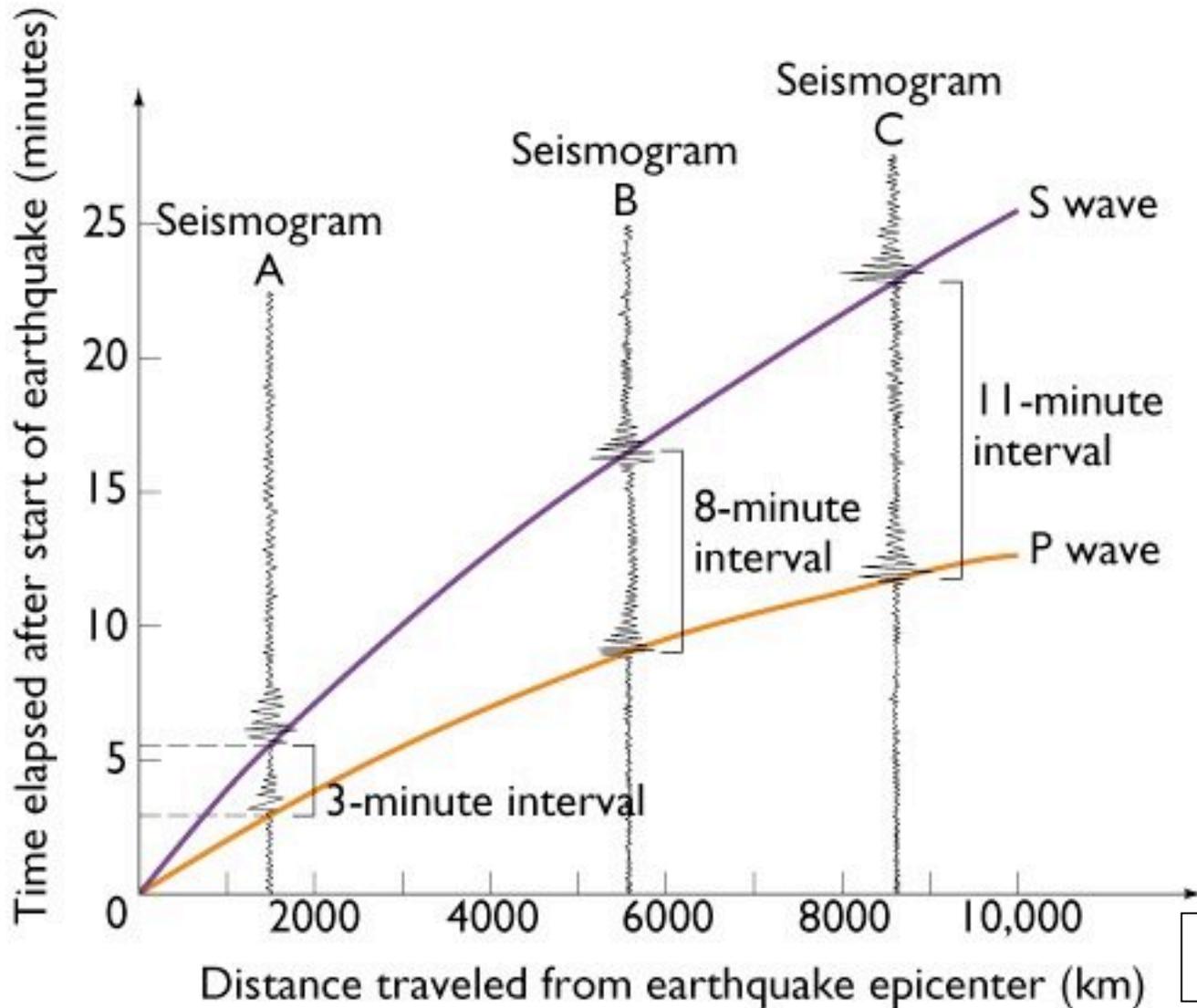
- les satellites imageurs (photos avant/après)
- les satellites altimétriques (mesure de la hauteur d'eau de l'océan)

Outils de demain:

- télédétection spatiale et radars

Courbes de temps de parcours des ondes P et S

Temps



Distance

Marégraphes et capteurs de pression

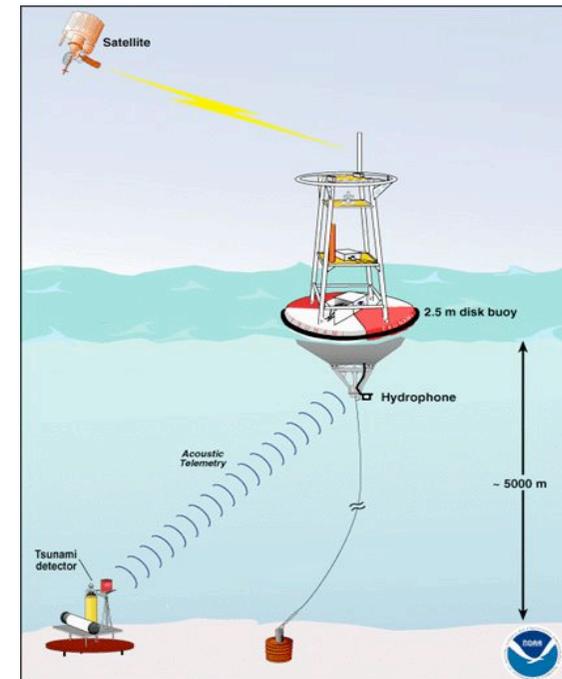


Enregistrement de la hauteur d'eau:
Mesure des marées et des tsunamis

Marégraphe sur l'île de Kerguelen



Capteur de pression en fond de mer et système de communication

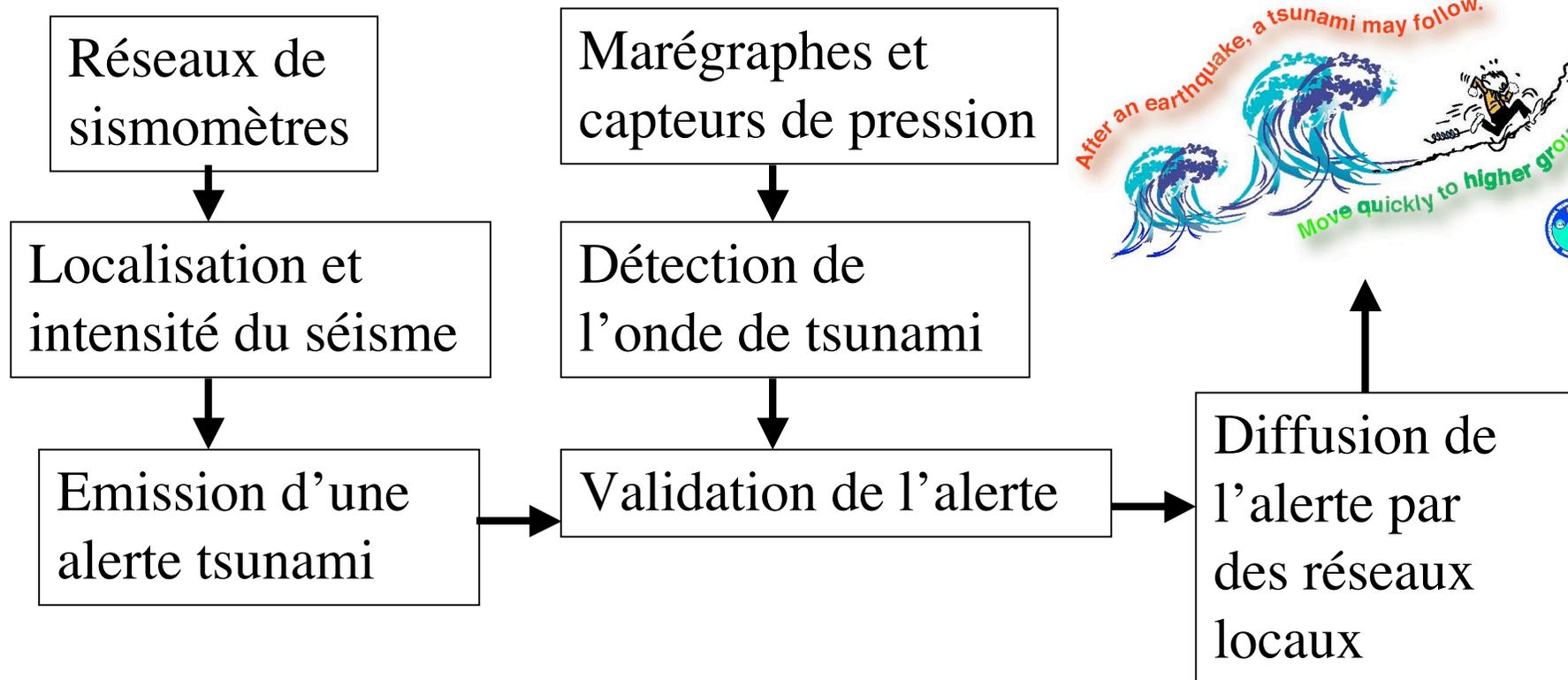


- ⇒ Amélioration des modèles de prédiction de la marée
- ⇒ Localisation des sources de tsunami
- ⇒ Détermination de l'intensité des tsunamis

Les systèmes d'alerte

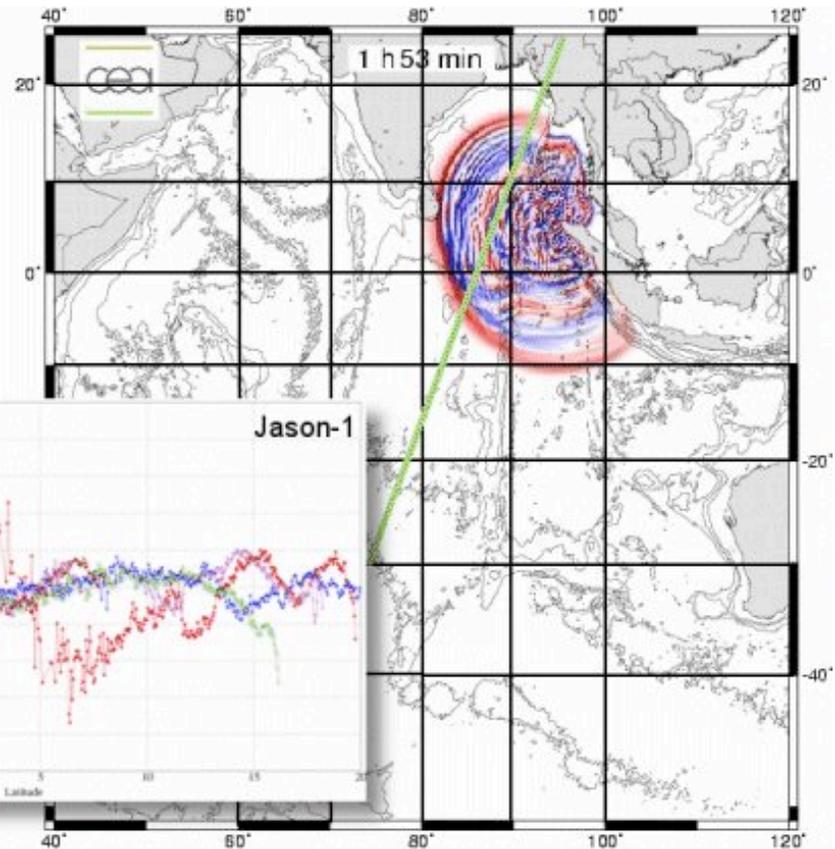
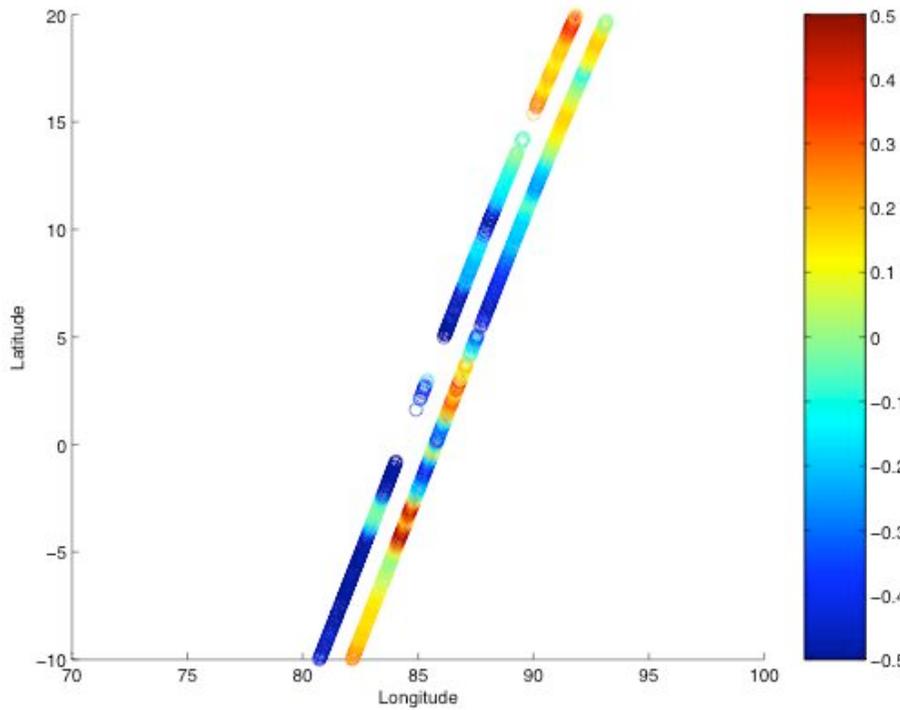


- Un seul système opérationnel avant décembre 2004:
Le système d'alerte du Pacifique
- 40 nations contribuent dont la France pour la Polynésie Française
- Schéma de principe du dispositif d'alerte:

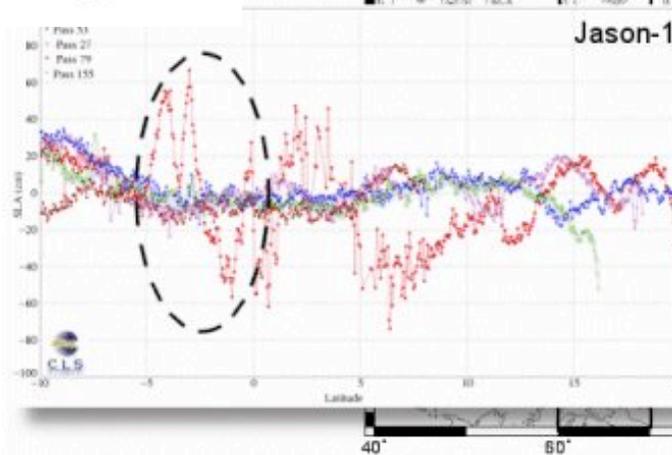


La dimension spatiale

Tsunami en Mer vu par Topex et Jason



Elévation de l'océan
(m)



Satellites imageurs : Quickbird



Enregistrement d'images de l'inondation:
Carte des longueurs d'inondation

Plage de Kalutara au Sri Lanka

Juste avant l'arrivée du tsunami



Juste après le tsunami: retrait la mer



⇒ Estimation des dégâts et des longueurs d'inondation

Satellites imageurs : Quickbird

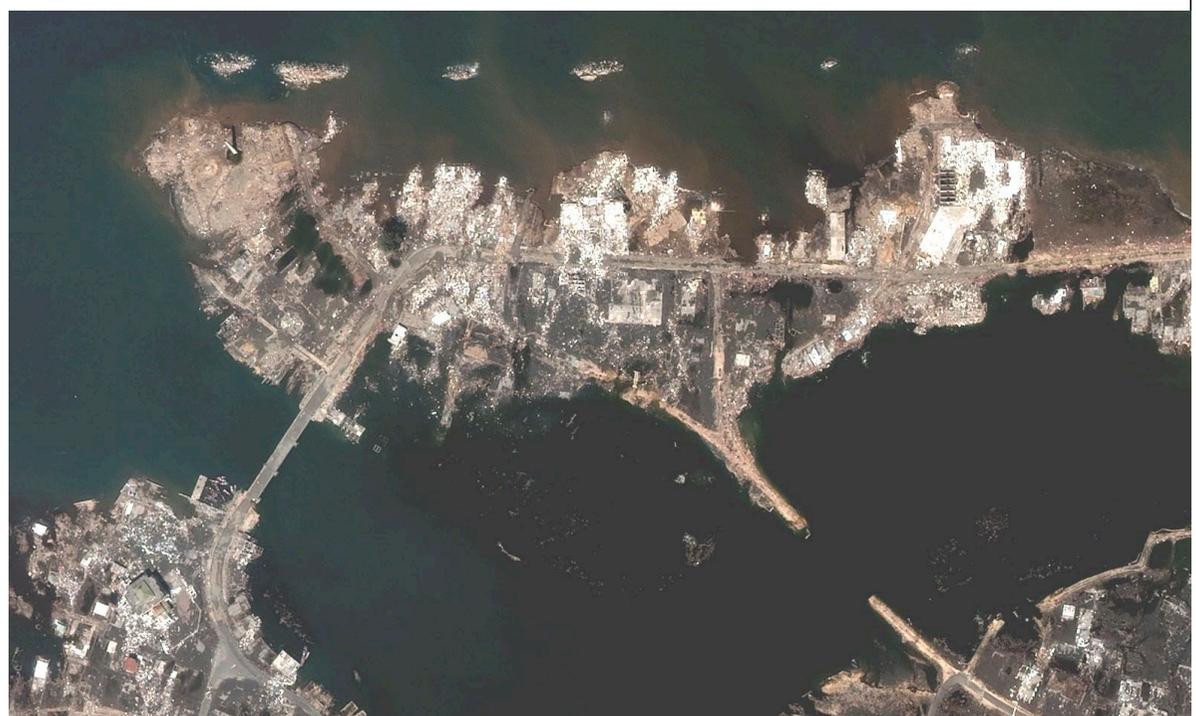


Juste avant l'arrivée de la première vague:
la mer se retire sur 400 mètres

Plage de Kalutara au Sri Lanka



Banda Aceh avant
et après le passage
du tsunami



DIGITALGLOBE™

Banda Aceh: Grand Mosque (Before)



QuickBird Natural Color Image
23 June 2004



Mécanisme des ondes sismiques atmosphériques

