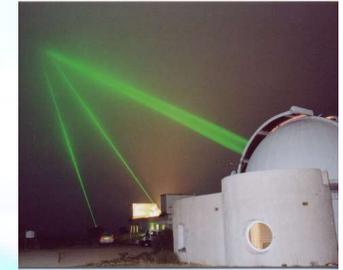


**Ecole GRGS 2004**

**La station Laser Ultra Mobile**

**French Transportable Laser Ranging Station (FTLRS)**

Francis Pierron - OCA/Gemini

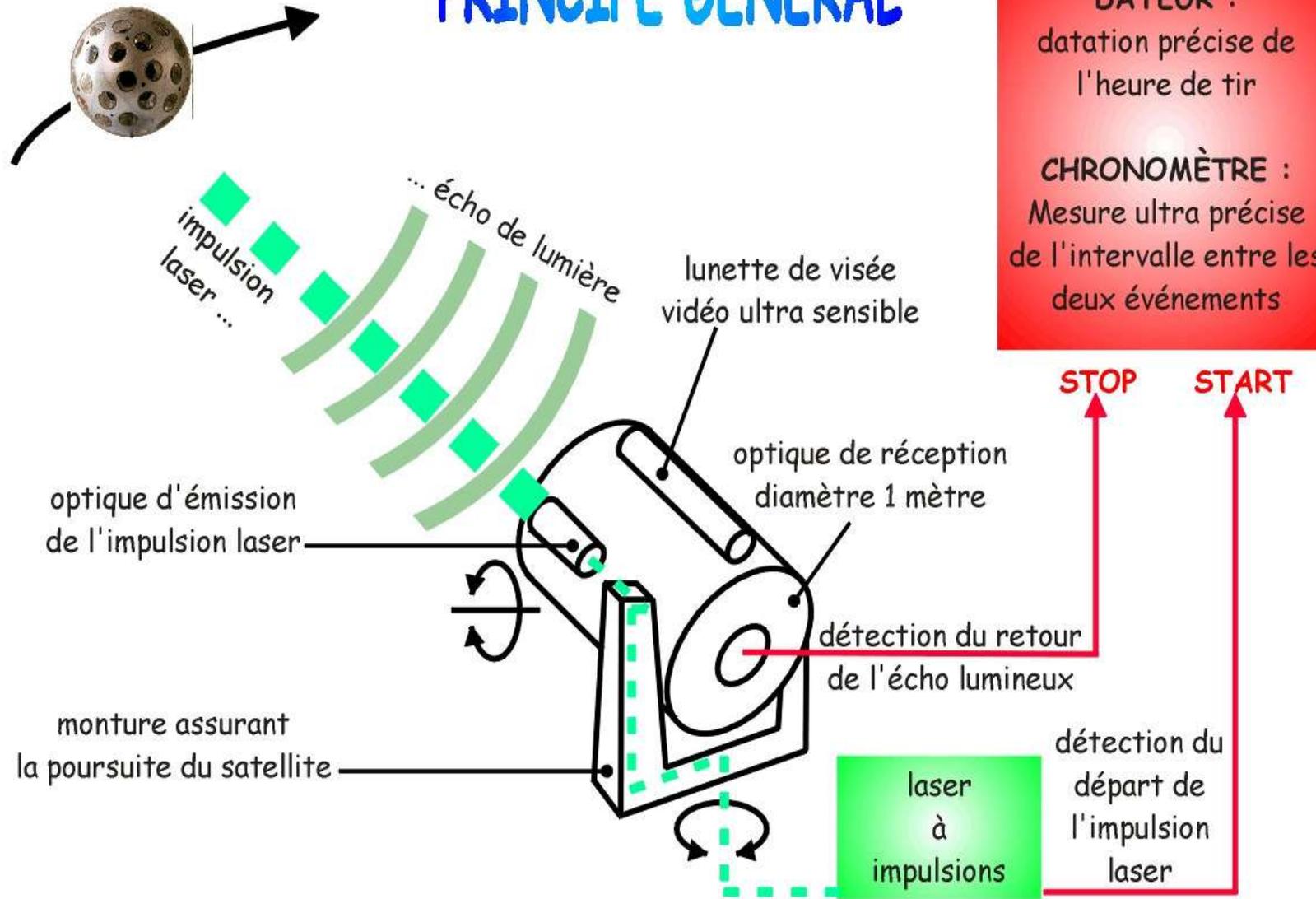


- **Principe et panorama Télémétrie laser,**
- **La station Laser Ultra Mobile**
- **Les campagnes de mesure et les résultats**



satellite géodésique défilant

# PRINCIPE GÉNÉRAL



Mesure du temps de vol des photons (qqz millisecondes à 2 s sur la lune)  
*accès direct à la distance (limitation de l'exactitude par la traversée de l'atmosphère)*  
*quelques millimètres de précision en mono longueur d'onde...*

# Historique de la télémétrie laser

## **Premier satellite artificiel : Spoutnik1 le 4 Octobre 1957**

*Positionnement par photos sur fond stellaire →1968*

### ▪ **Premières mesures Laser en France à l'OHP en octobre 1965**

Service d'aéronomie ( Bivas,Blamont)

Précision : 1,50 mètres

Laser : Rubis Qswitch un tir/5 secondes, 1joules/20nanosecond,chrono 10 nanos

→ première génération

En 1967 campagne sur les satellites français D1C,D1D en Grèce, à l'OHP, ...

### ▪ **Début des années 1970 :**

Laser : Rubis Qswitch impulsions 3 nanosecondes

précision : 15-20 cm

Construction de la station laser du Calern → deuxième génération

### ▪ **En 1983 :**

Passage au laser YAG mode-locké avec des impulsions de 100/200 picosecondes

Fréquence de tir 5 à 10 Hertz,100 millijoules/impulsion

Précision de quelques centimètres.

### ▪ **1983-2003 :**

Evolution vers une précision de quelques millimètres

laser 30 picosecondes hautes 10-50 Hz, deux longueurs d 'onde

### ▪ **2003 :**

Premières mesures avec des lasers Khz , 10ps, multi longueurs d 'ondes

# La science avec la télémétrie laser...

✉ Les paramètres d'orientation de la terre

✉ Les jeux de coordonnées de stations et leur vitesses



✉ Les coordonnées du géocentre et sa variabilité

✉ Les coefficients du champ de gravité et leur variabilité

✉ L'orbitographie des satellites avec une précision centimétrique



✉ L'étalonnage des altimètres radar des satellites océanographiques



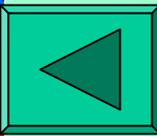
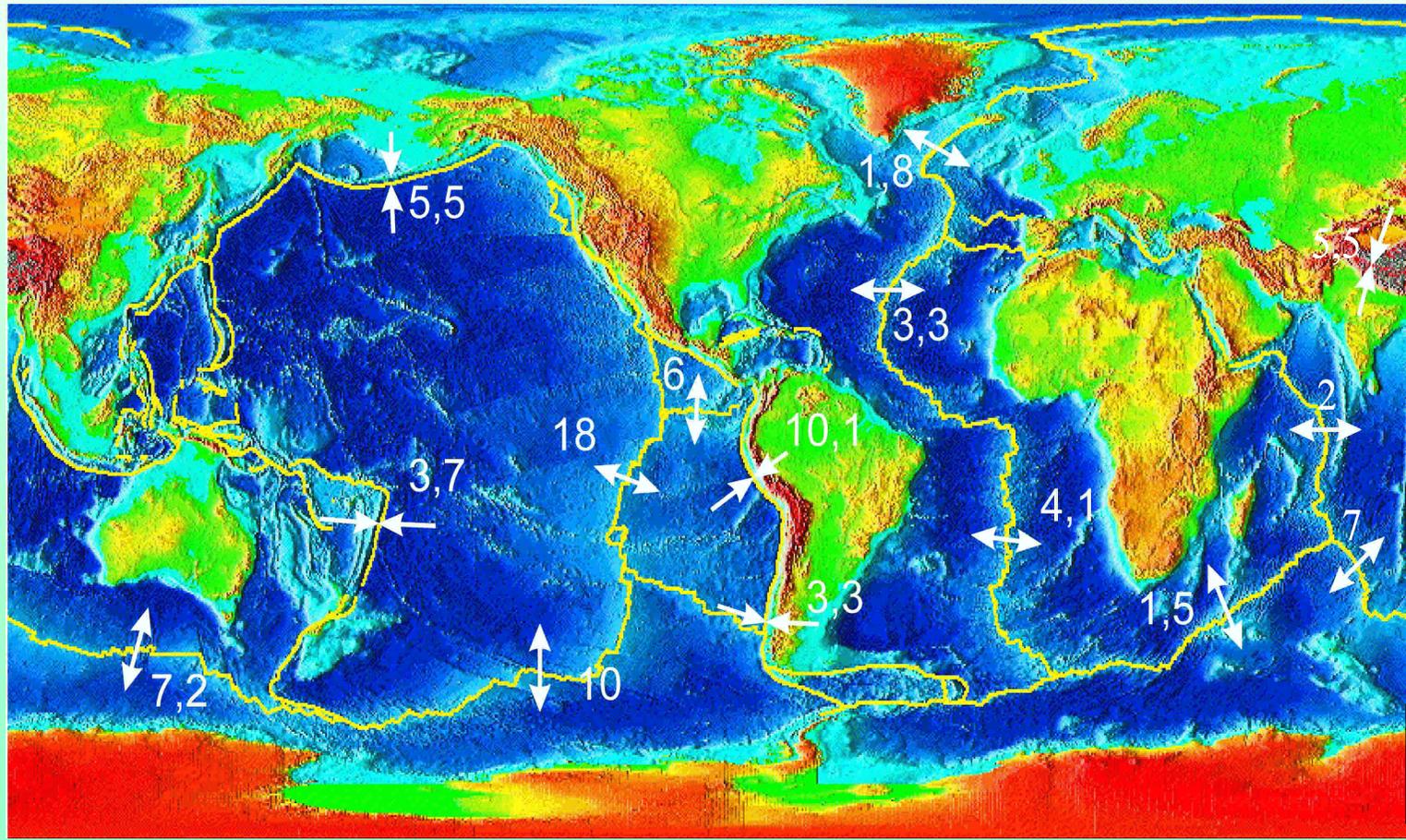
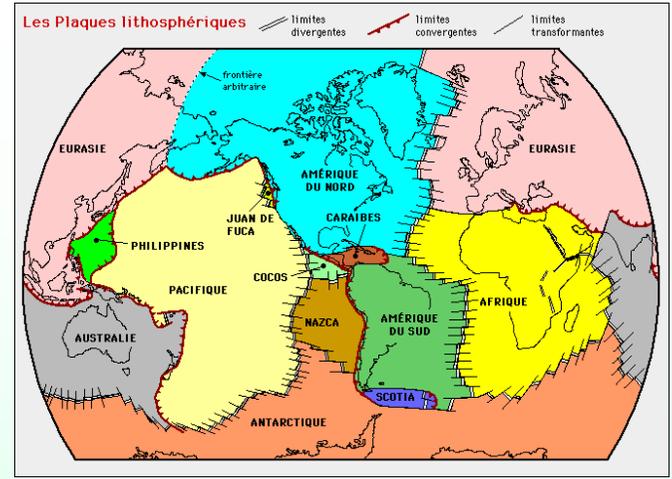
✉ Certaines constantes de Physique fondamentale (GM)

✉ L'orbite lunaire, les paramètres de son orientation et ses librations

✉ Les paramètres d'orientation de la lune



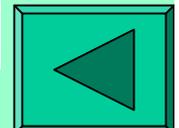
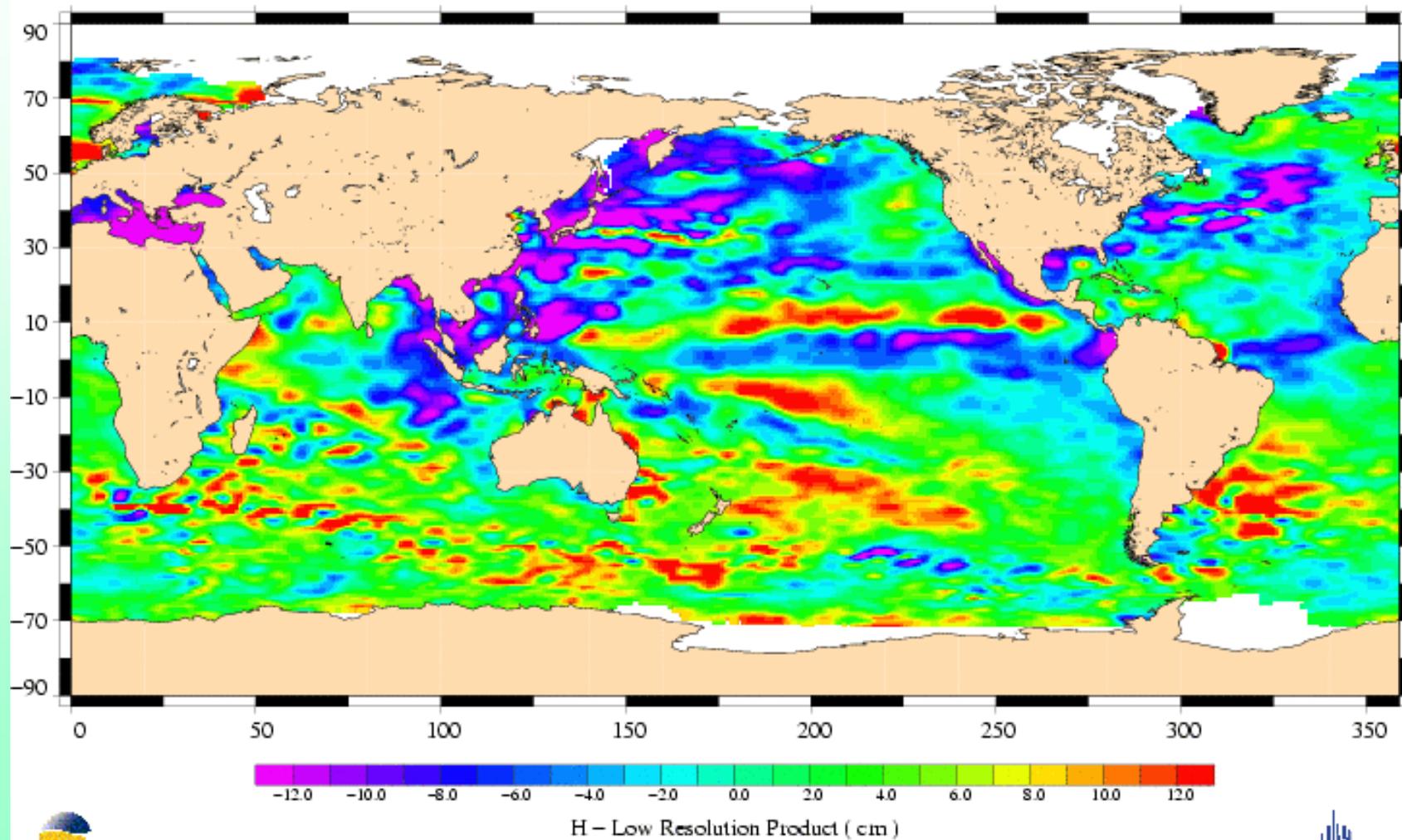
# Tectonique



# Variations temporelles du niveau des océans

SSALTO/DUACS – NRT MSLA – Merged Product

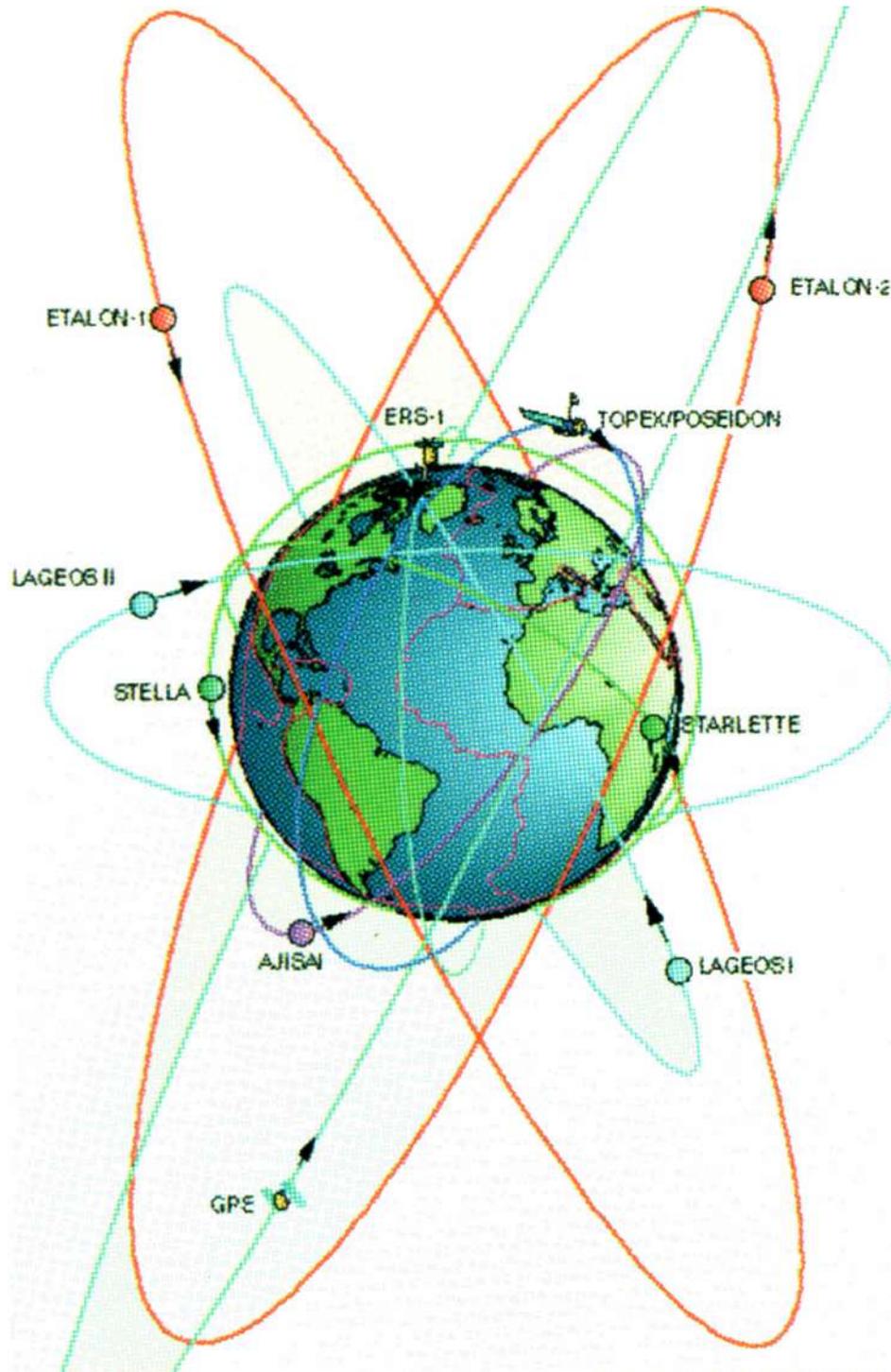
2003/04/02



## *Les orbites des satellites*

Distance de 300 km à 20000 km  
adaptée à la mission

- positionnement précis (2/3 mm)
- Champ de gravité
- Océanographie

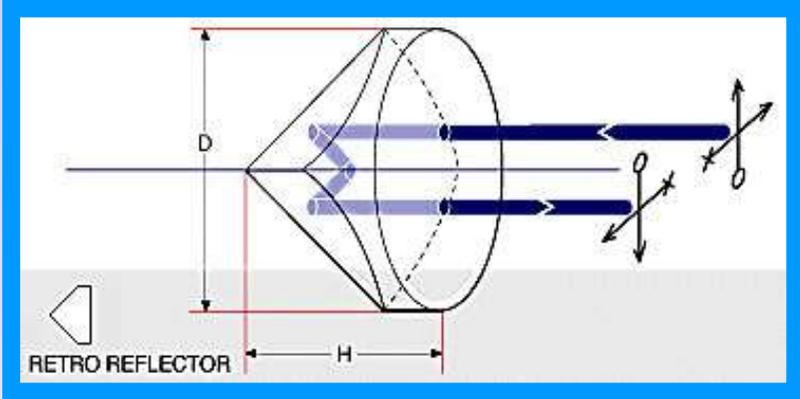


Satellites Lageos1 et 2 (60 cm, 410 kg à 5900 km)

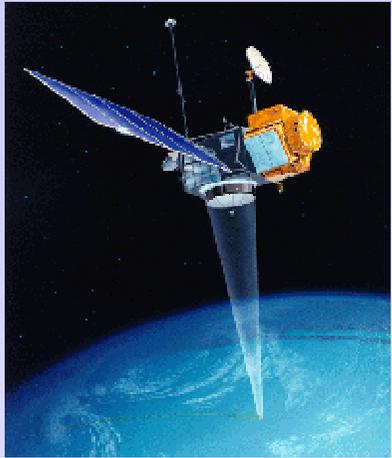
# Différents types de satellites et réflecteurs



*Stella*  
 $\text{Ø}=24\text{cm}$ , 60CCR, 48kg



*Rétroreflecteur laser (CCR)*



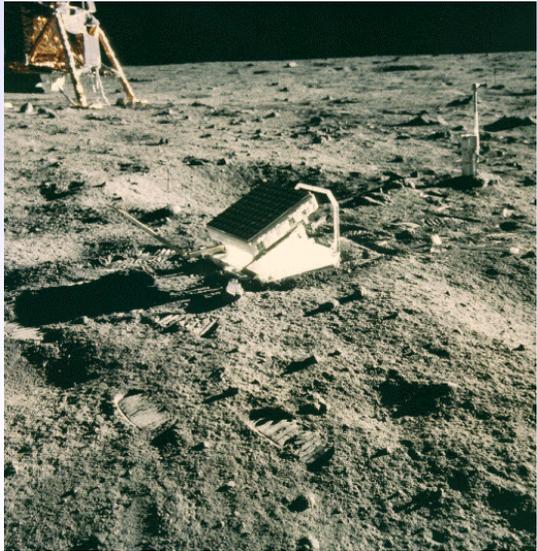
*TOPEX/POSEIDON*  
 $\text{Ø}=150\text{cm}$ , 192CCR



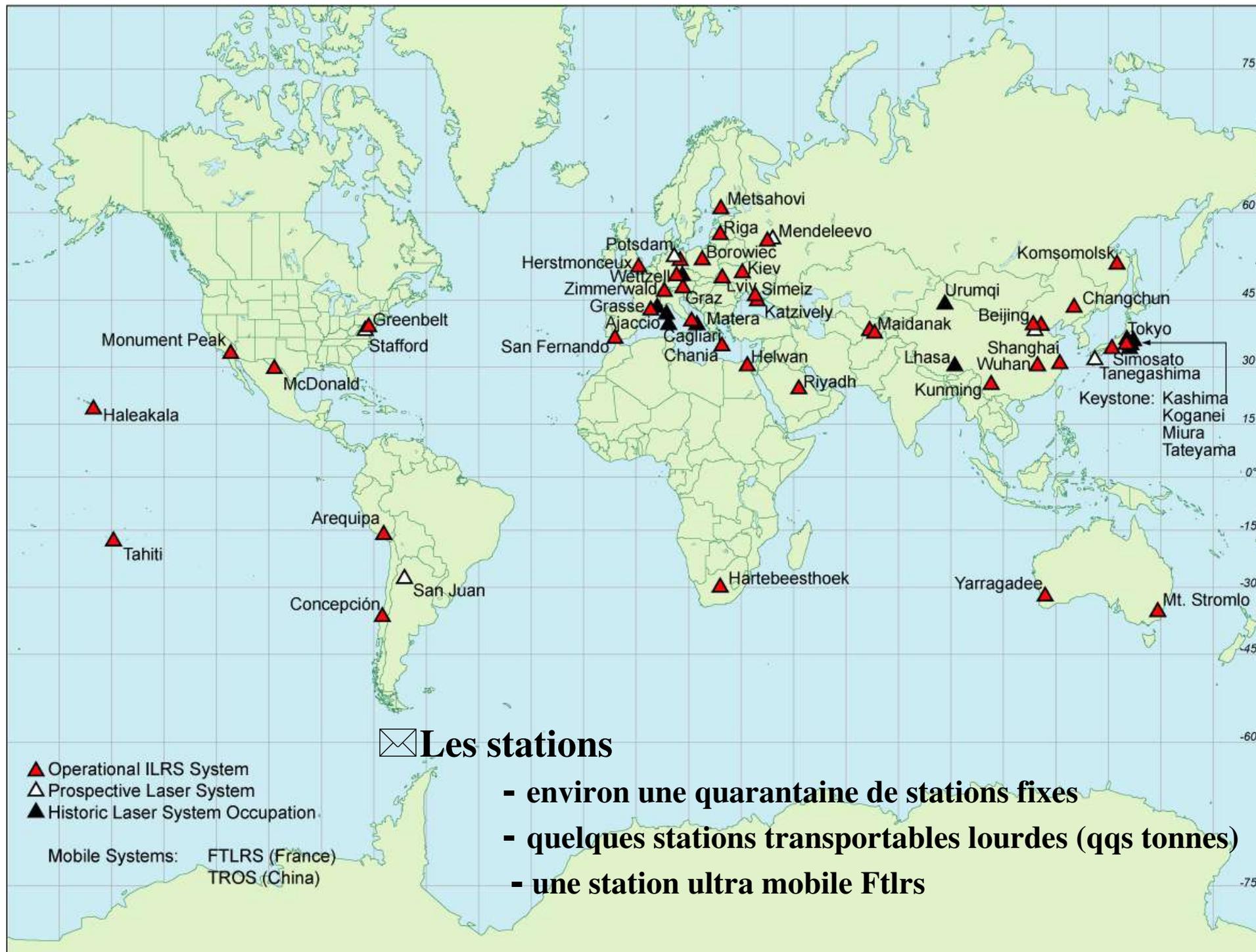
*GPS*  
 239x194x37mm (32CCR)



*ERS-1*  
 $\text{Ø}=20\text{cm}$ , 9CCR

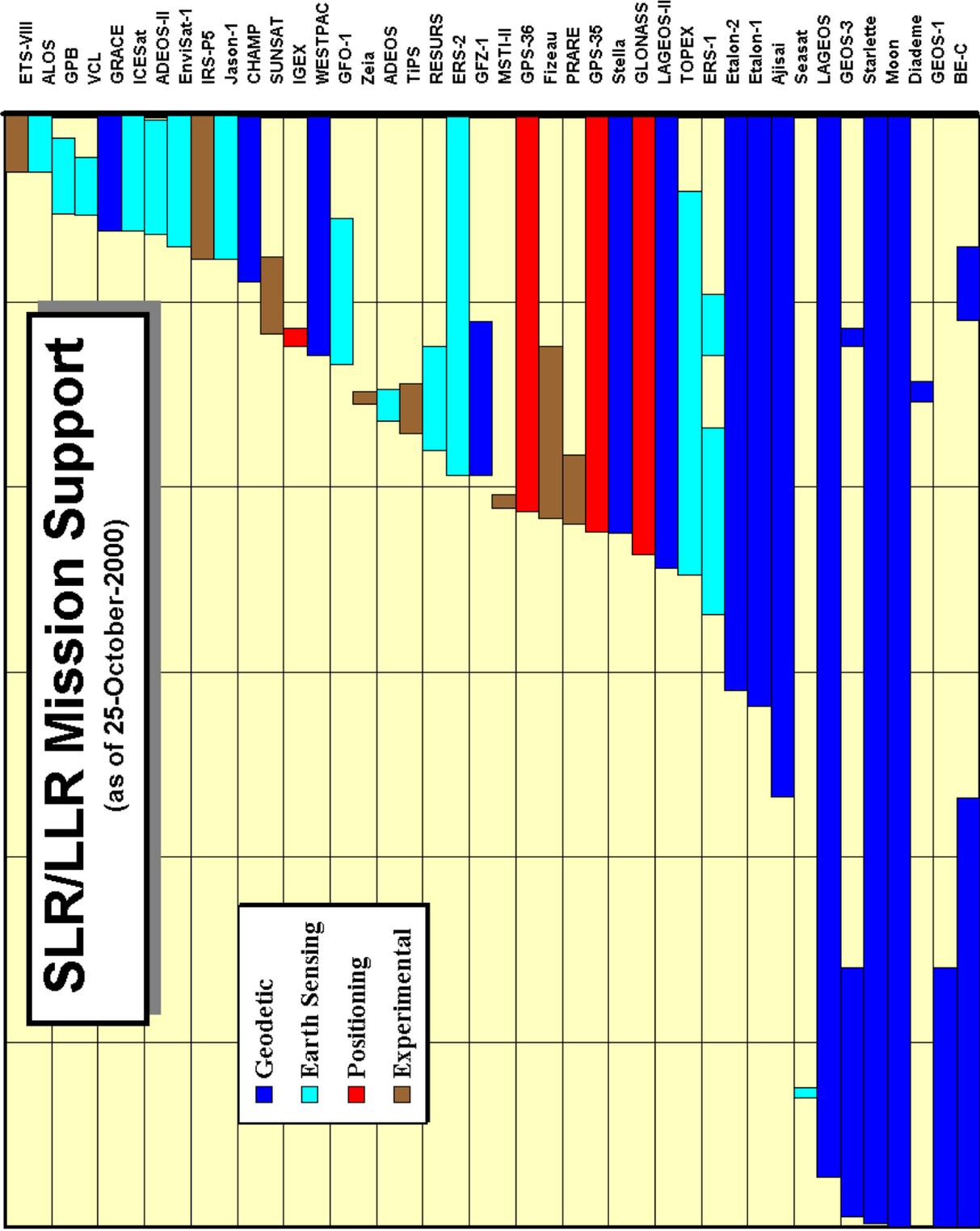
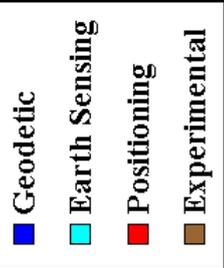


*Apollo XI*  
 46x46cm<sup>2</sup>, 100CCR



# SLR/LLR Mission Support

(as of 25-October-2000)



1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005

## *Les stations françaises au plateau de Calern près de Grasse*



## *Quelques stations dans le monde*



*Station Allemande TIGO au Chili  
Transportable Integrated Geodetic Observatory*



*Station Nasa Moblas au Goddard (à Washington)*

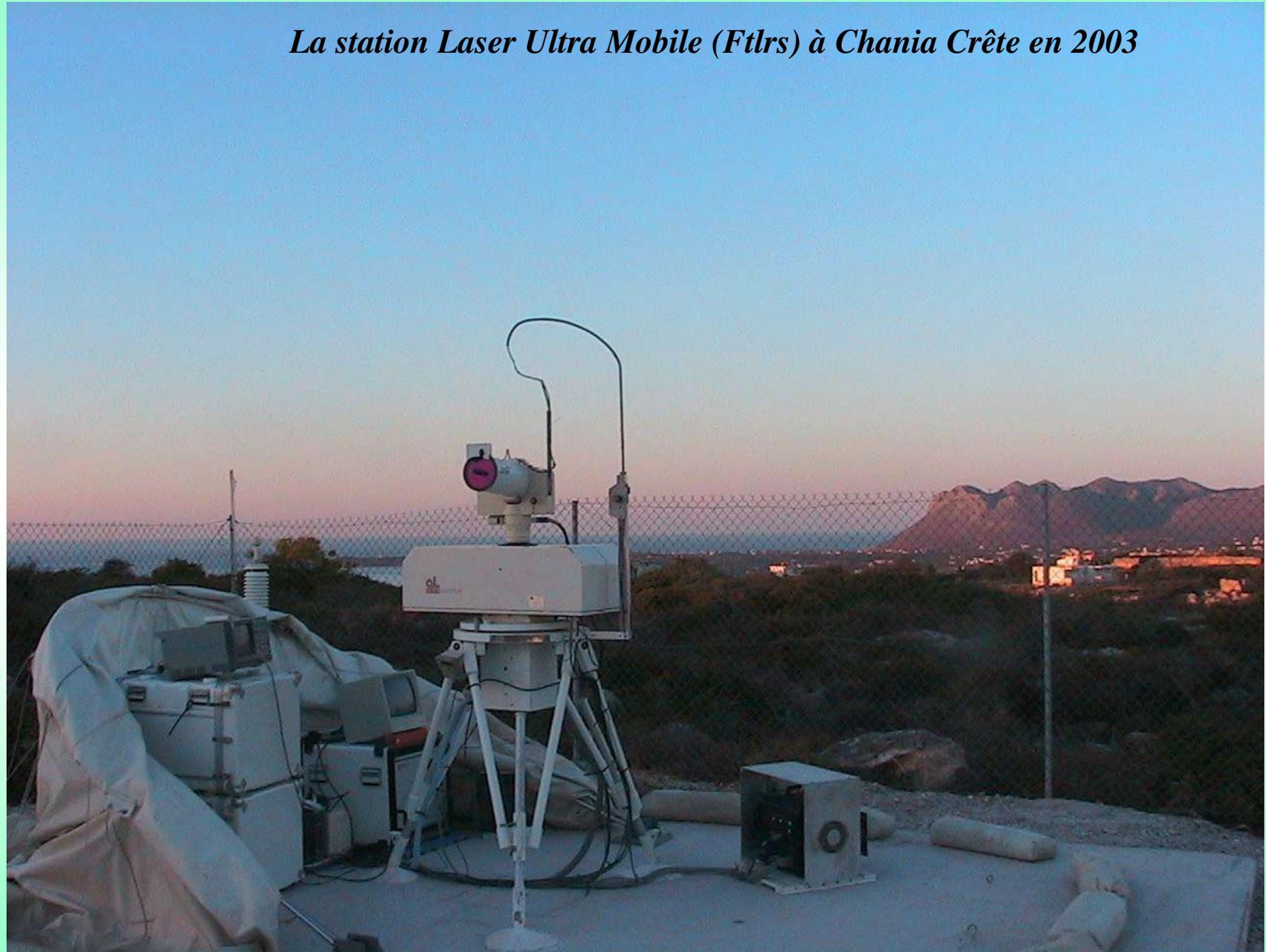


*Station de Wettzell en Allemagne*

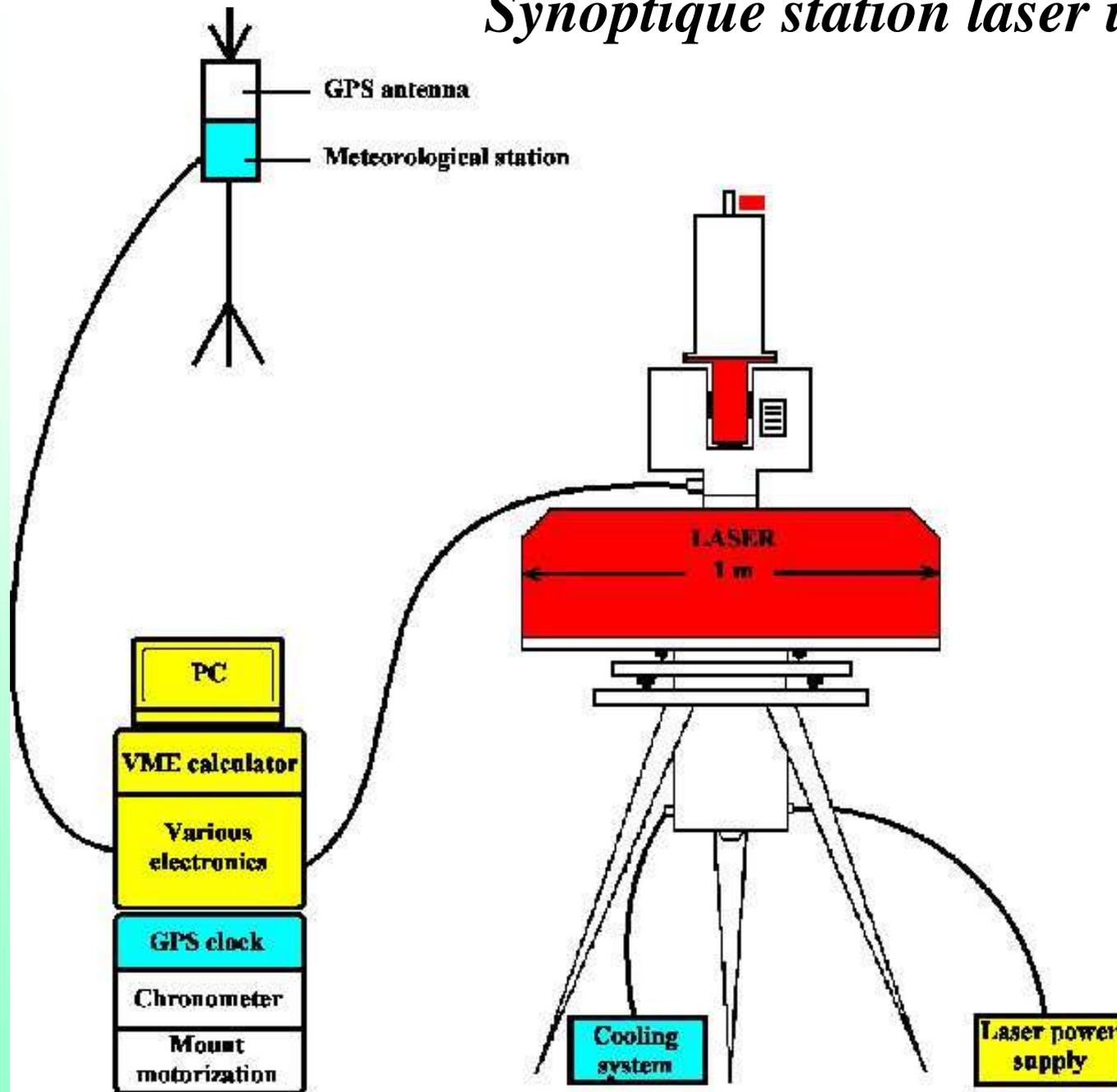


*Station Australienne à Mt Stromlo ( Côte Est à Camberra)*

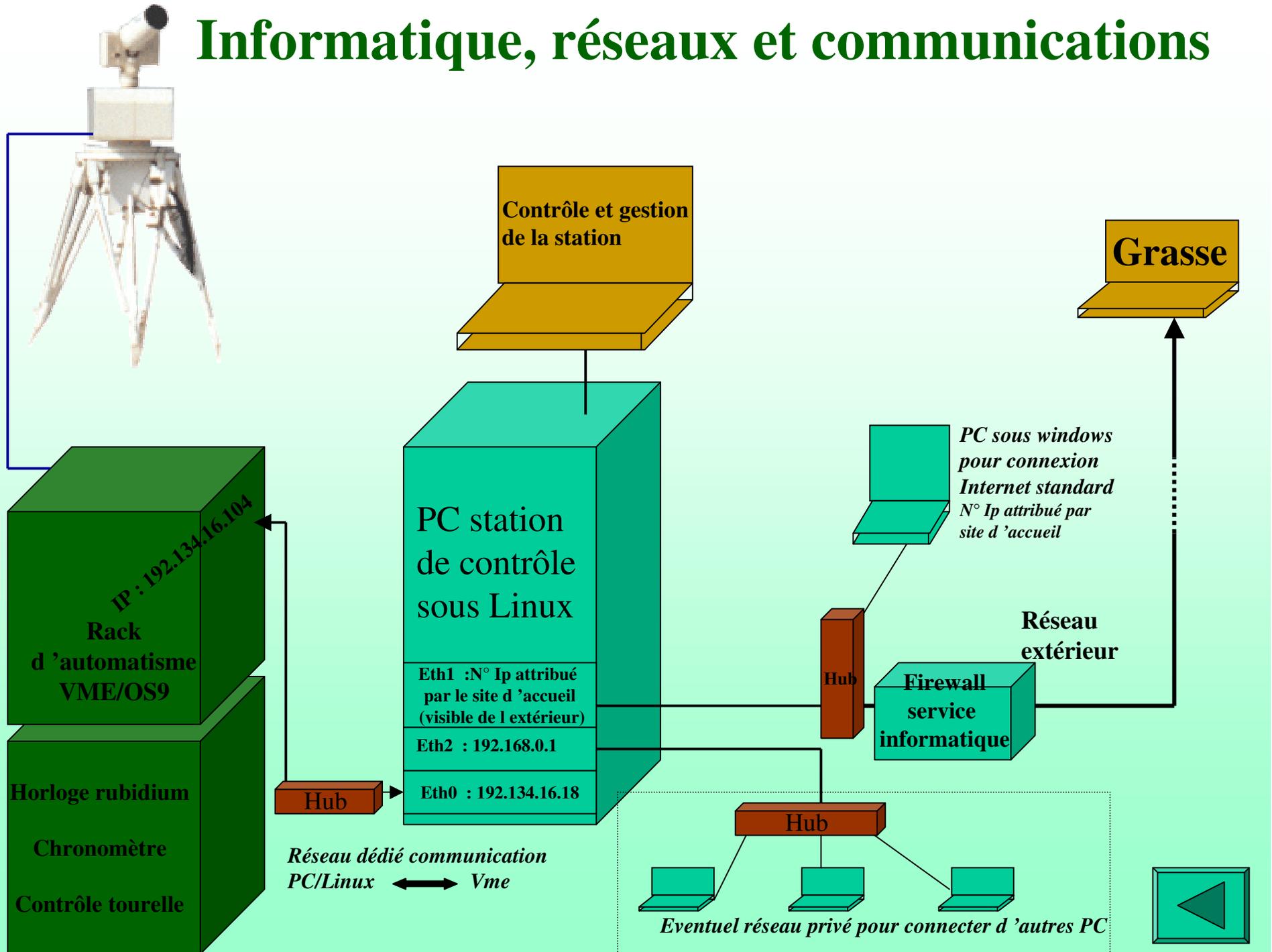
*La station Laser Ultra Mobile (Ftlrs) à Chania Crête en 2003*



# *Synoptique station laser ultra mobile*



# Informatique, réseaux et communications





# La Station Laser Ultra Mobile

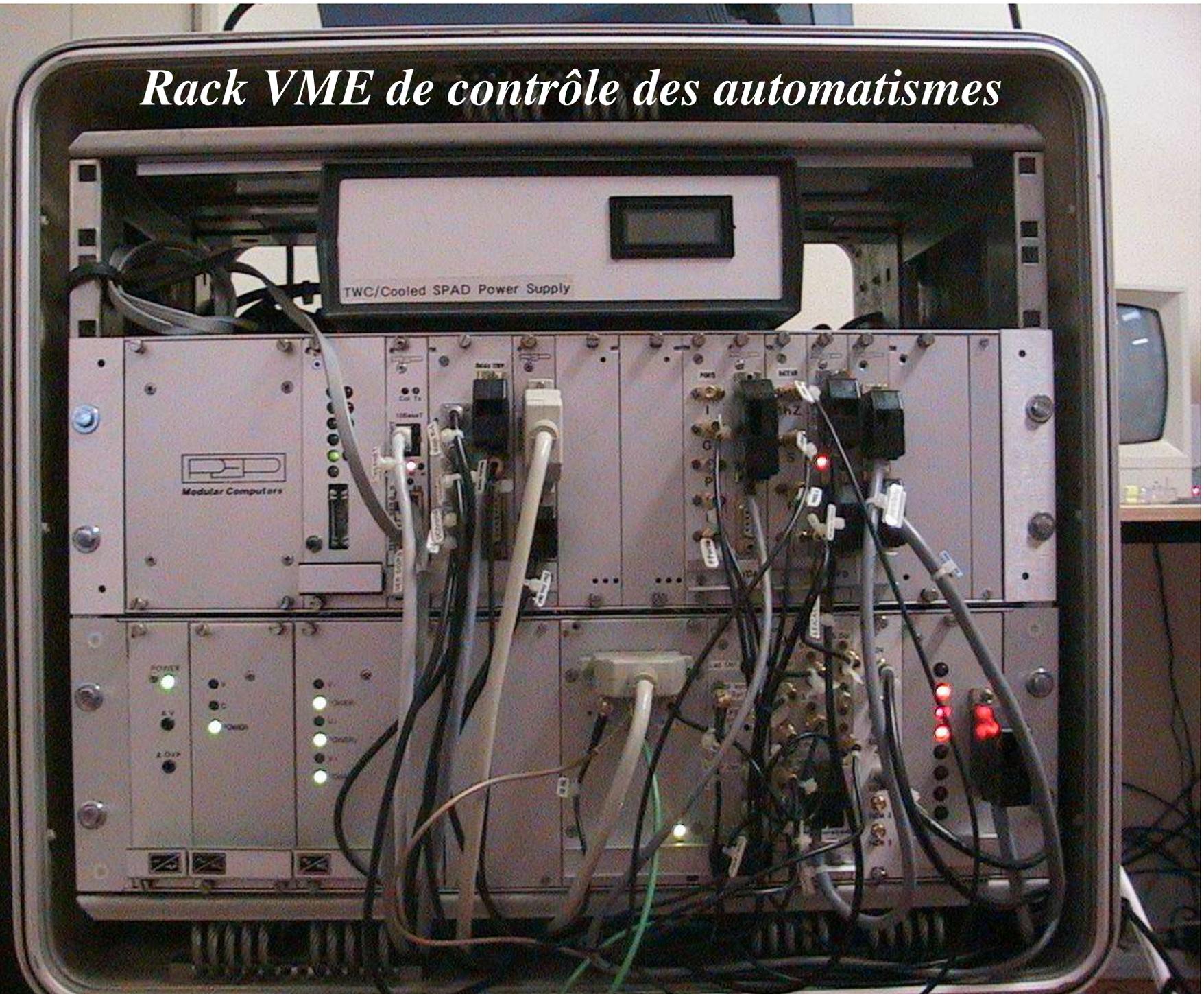
## French Transportable Laser Ranging Station (FTLRS)

Poids total	300 kg (~10 containers < 55 kg)
Laser	Nd:YAG doublé en fréquence, $\lambda=532$ nm (vert), 50 mJ par impulsion, 10 Hz, largeur d'impulsion de 35 ps
Détecteur de retour	Photodiode à avalanche en mode Geiger
Télescope	13 cm de diamètre, 2 kg
Conditions climatiques d'utilisation	5 à + 35°C, jusqu'à 95% d'humidité
Erreur de pointé	$\leq 10''$ rms
Système de chronométrie	Stanford SR620, Rubidium asservi sur GPS, précision 25 ps
Etalonnage	Cible externe, cible à la sortie du télescope

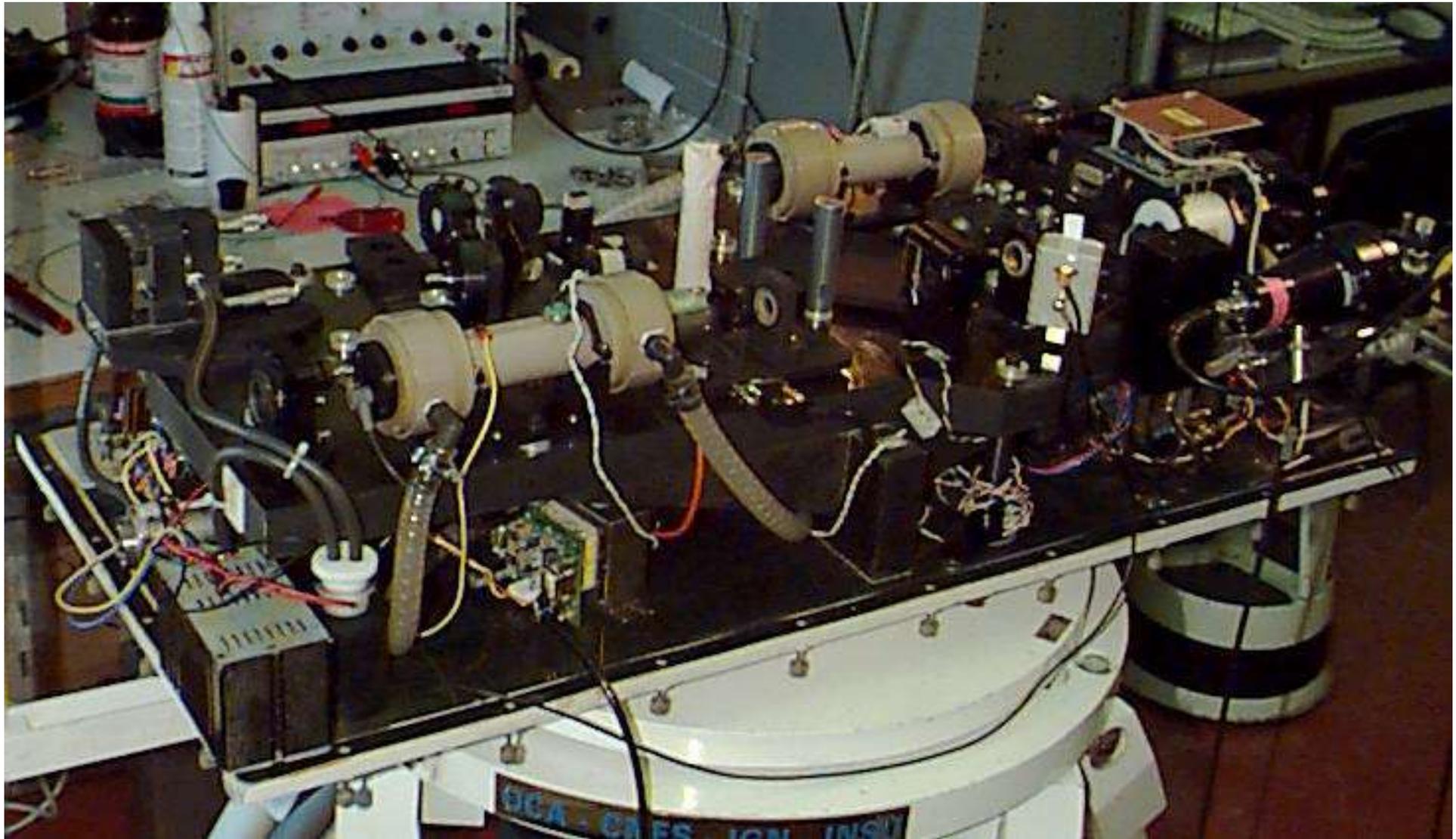
- ↖ *Unique par la taille du télescope utilisé et par sa compacité*
- ↖ *Unique par la rapidité de mise en station (48 heures)*
- ↖ *Défi technologique* (plus petite station de télémétrie laser au monde)



*Rack VME de contrôle des automatismes*



## LASER station Ultra Mobile

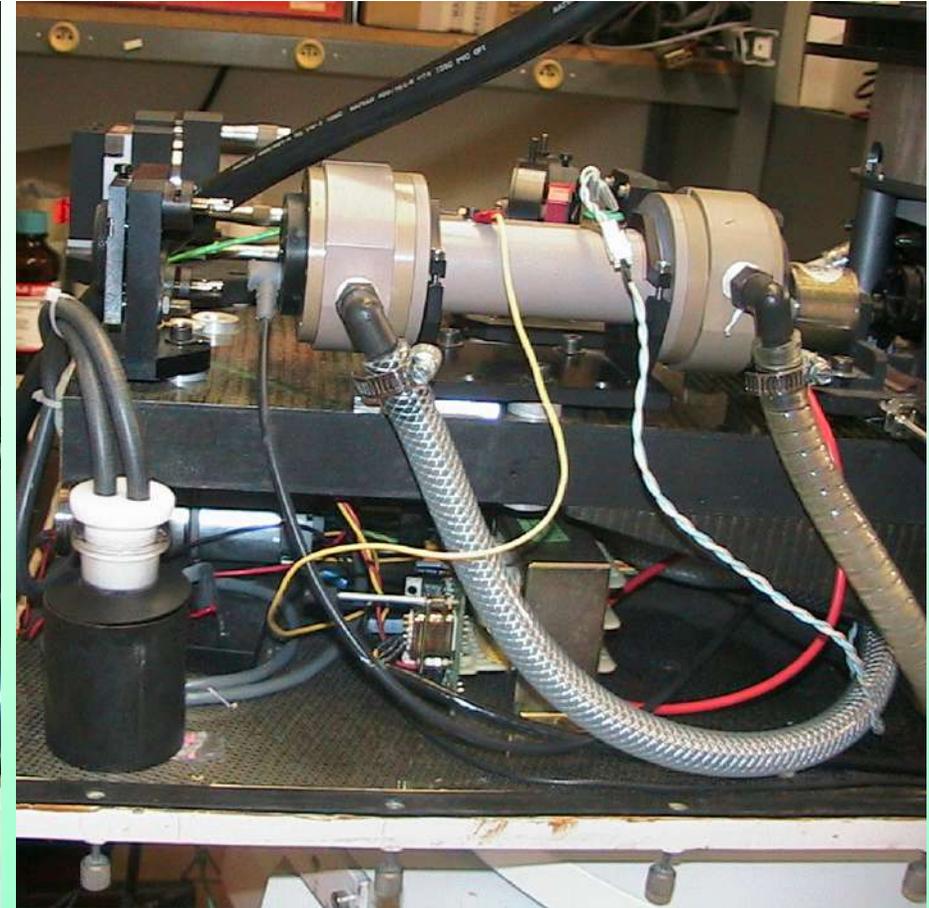




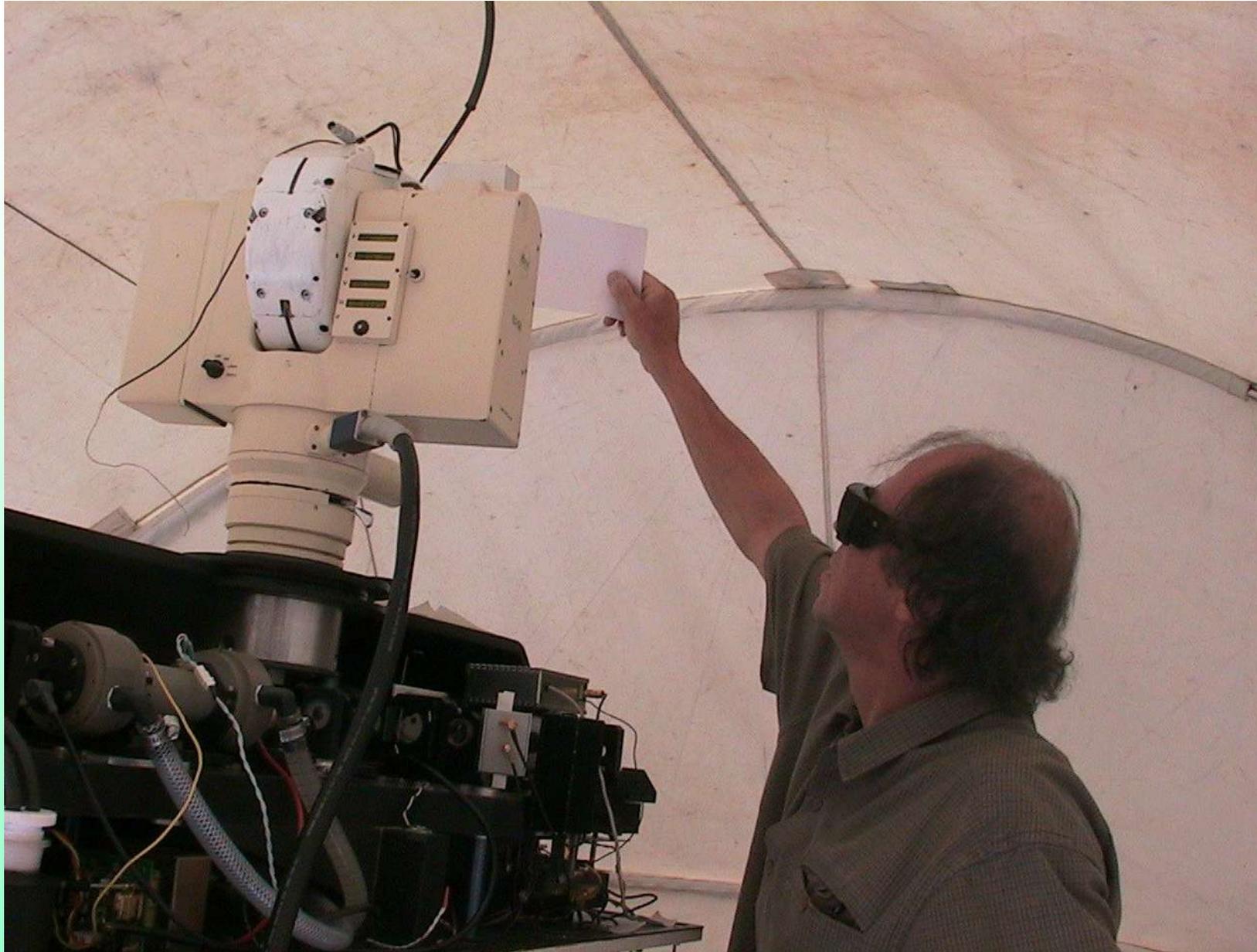
## **LASER station Ultra Mobile**

**Alimentation électrique  
et  
régulation thermique**

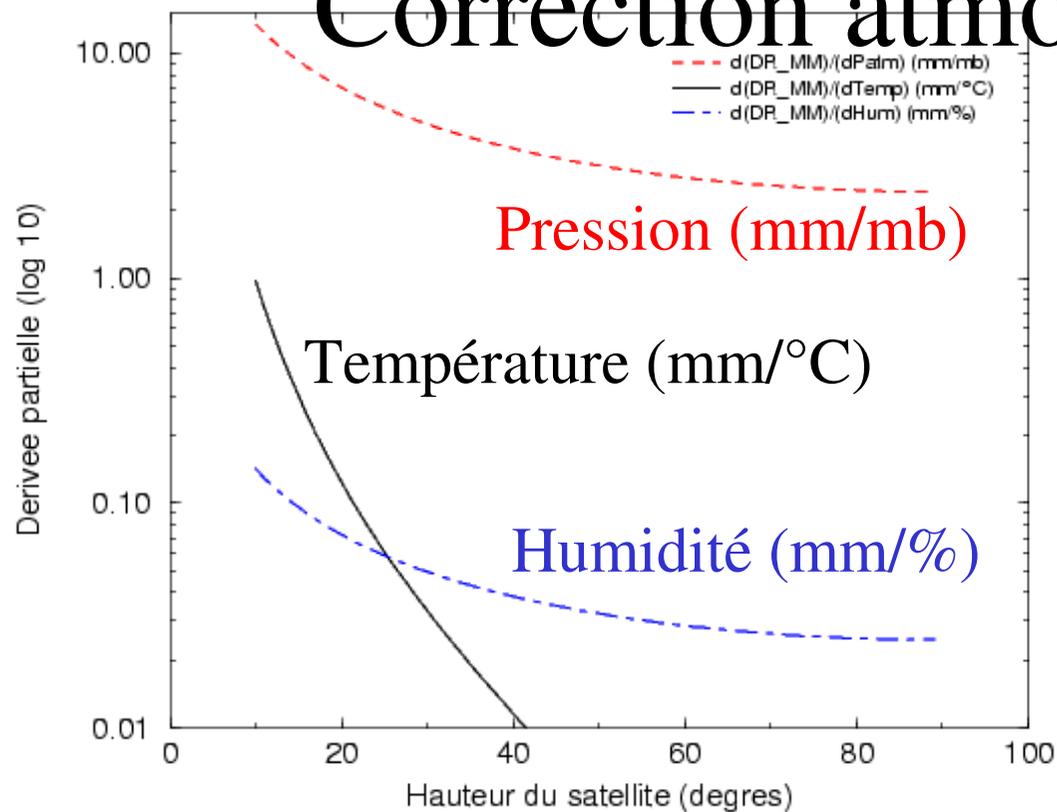
## LASER station Ultra Mobile : Cellule à colorant et réglage cavité



## LASER station Ultra Mobile : CONCEPTION OPTIQUE



# Correction atmosphérique



Erreur prédite par le modèle :  
Si  $\pm 0,2$  mb,  $\pm 1^\circ\text{C}$  et  $\pm 10\%$   
à  $h=20^\circ \Rightarrow$  erreur = 2 mm  
à  $h=50^\circ \Rightarrow$  erreur = 0,6 mm

↖ Importance de la qualité de la station météorologique  
(mesures et localisation des capteurs)

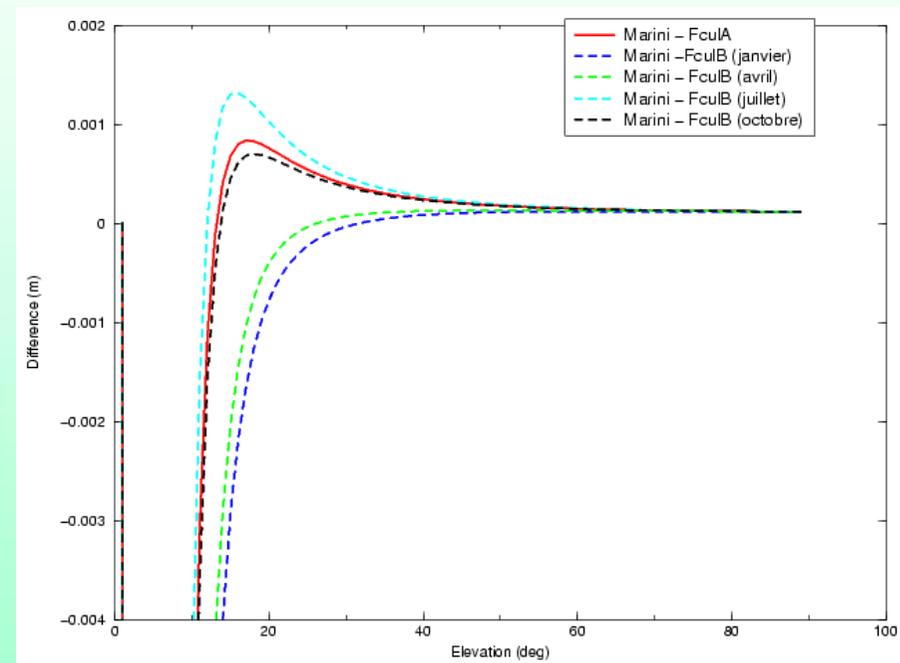
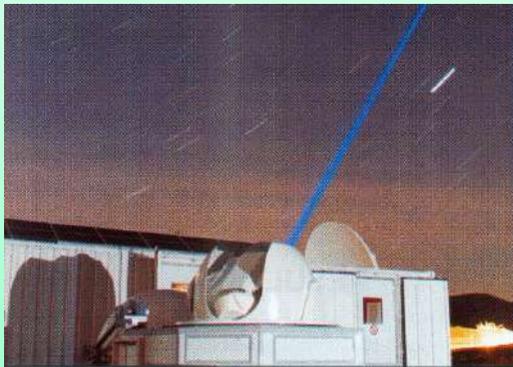
↖ Erreur de 5 mm à 1 cm au zénith

# Limites de la correction

- Erreurs dans les mesures des paramètres météorologiques ( $\pm 0,1$  mb,  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $\pm 5-10\%$  d'humidité)
- Humidité difficile à estimer le long du trajet  
**MAIS** incertitude liée à l'humidité à ces longueurs d'onde (IR et visible) de qq. mm
- Ecart entre les profils verticaux effectifs et modélisés
- Non prise en compte des gradients transversaux
- Effets météorologiques locaux, saisonniers...

# Améliorations de la correction

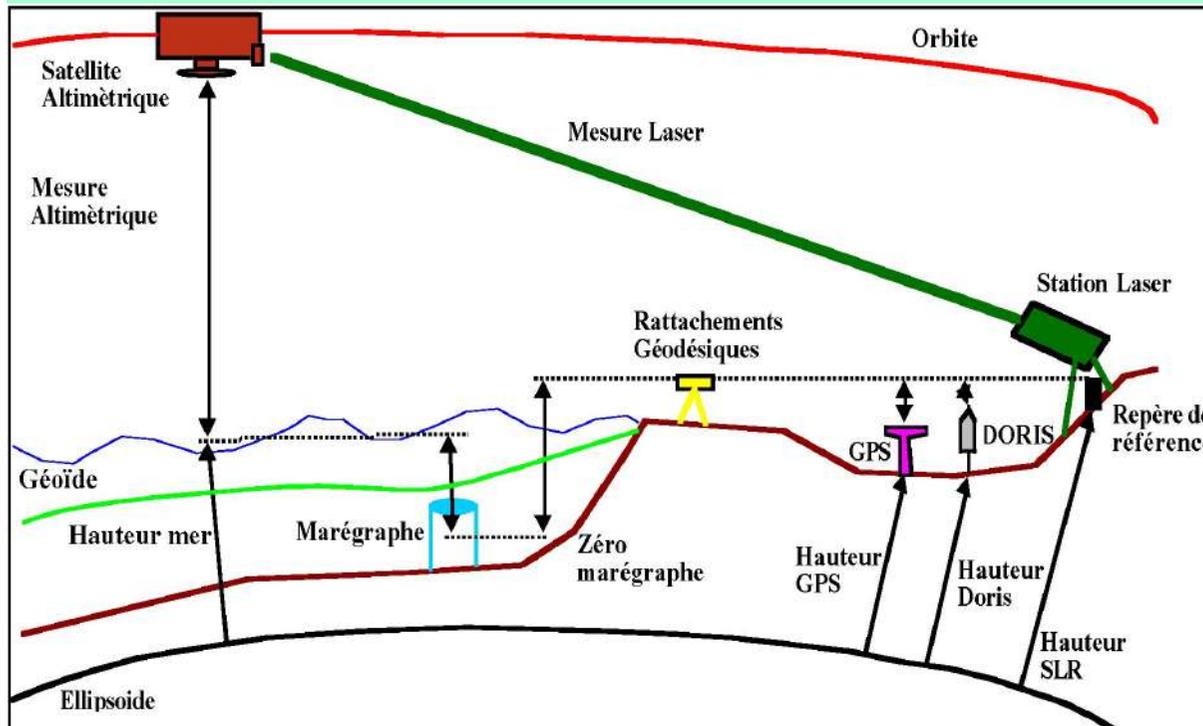
- Développement de nouveaux modèles pour améliorer les corrections à basses élévations (ex. de nouvelles fonctions de rabattement: Mendes et al., GRL, 2001)
- Développement de la technique 2 couleurs
  - Ex. : MLRO (Matera), TIGO (Conception)...



- Utilisation de profils d'humidité
  - GPS, radiomètres à vapeur d'eau...
  - Ex. : mesures LIDAR avec la station de Wettzell

*Les campagnes*

# La campagne Cal/Val en Corse (2002)



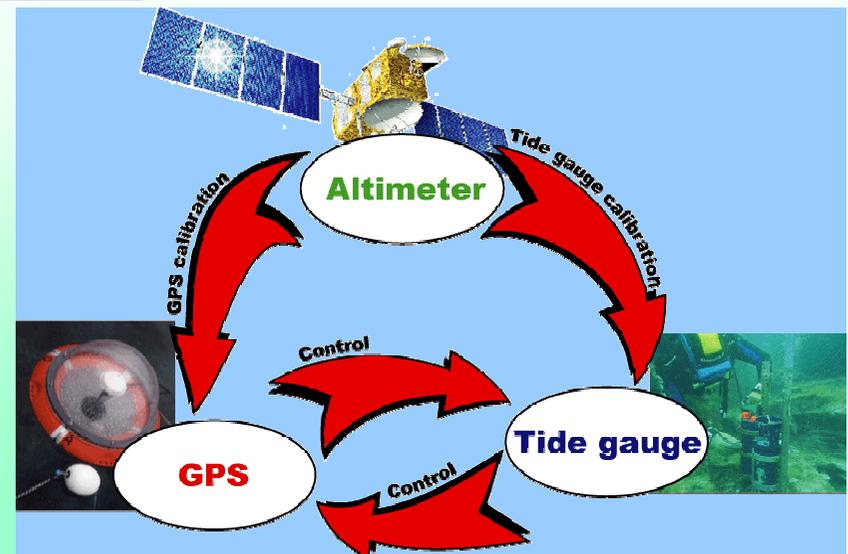
← precise orbit

← precise sea level

## ✉ Calibration des altimètres

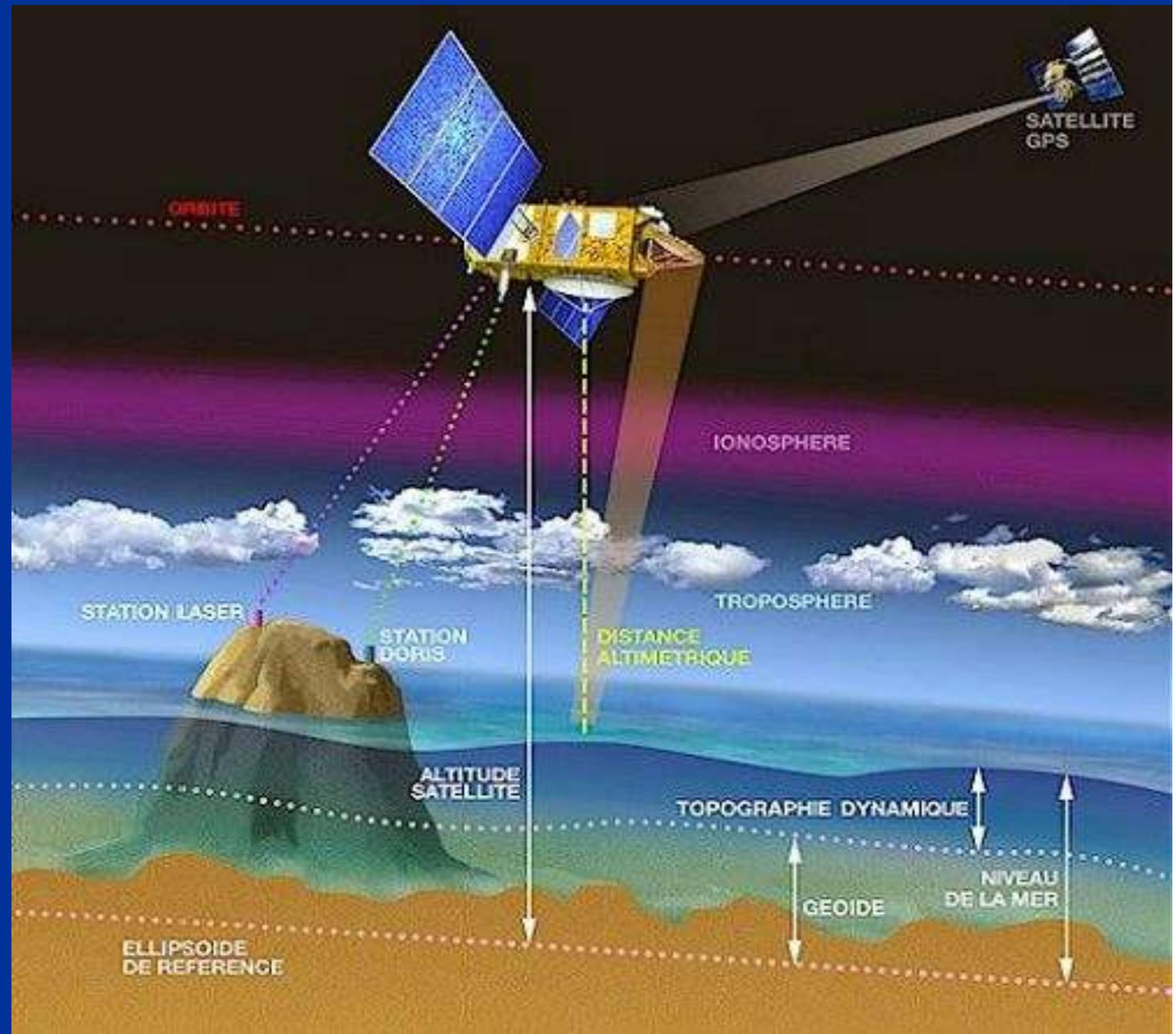
comparaison précise

- mesures des altimètres
- altitude du satellite sur la mer



**P  
R  
I  
N  
C  
I  
P  
L  
E**

**Need a Reference  
Frame :  
Accurate  
and  
stable**

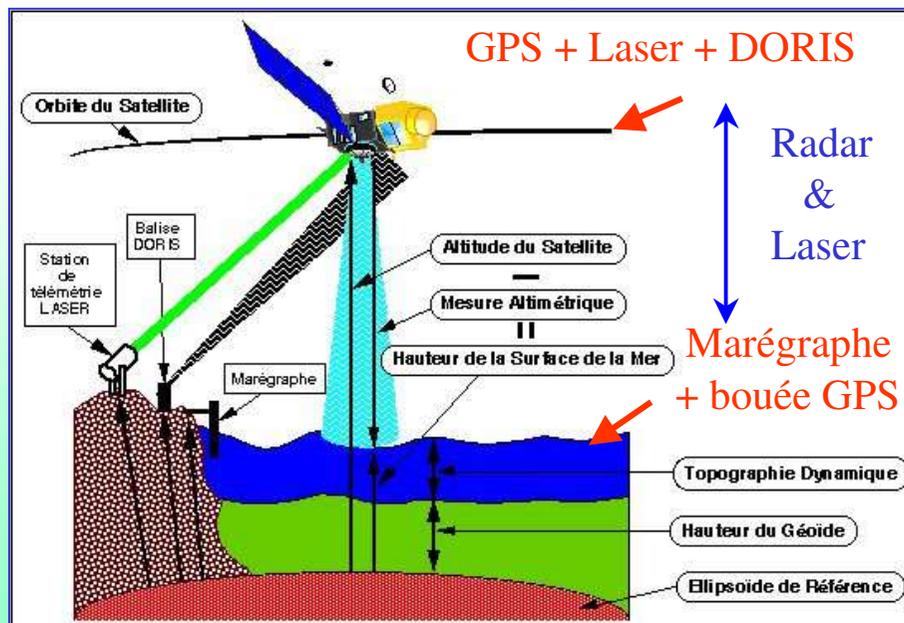


# Mise en cohérence des références verticales

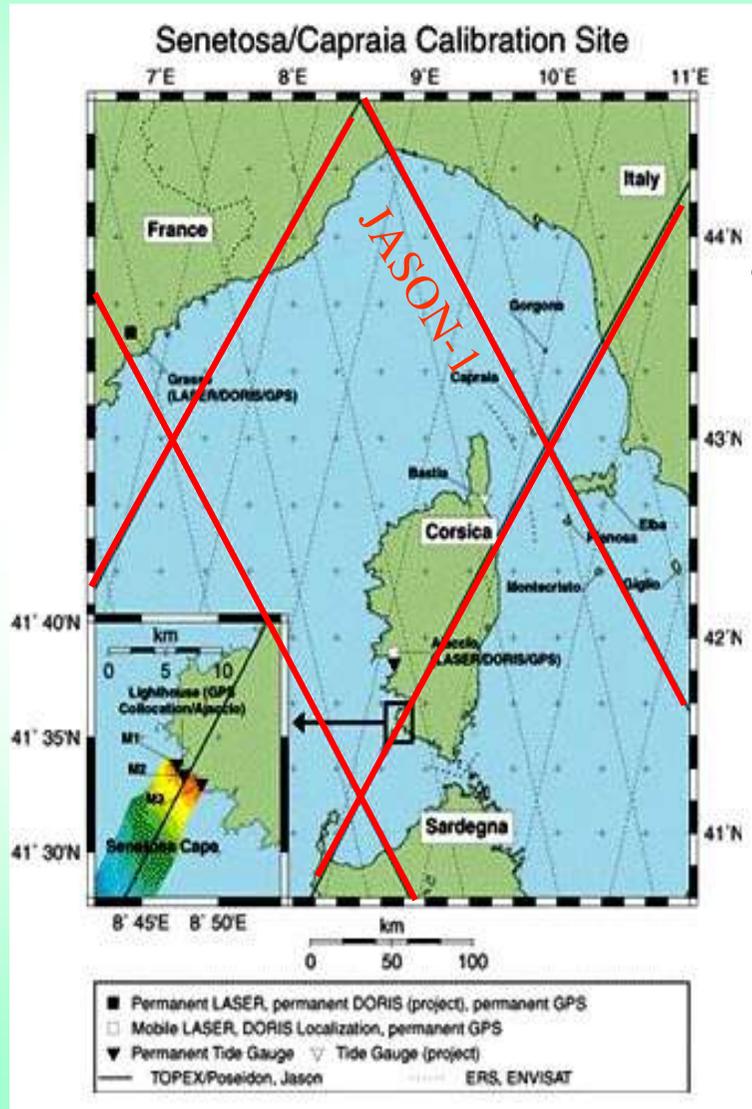
- Besoin d'une **référence verticale unique** et **stable** (laser, VLBI, GPS, DORIS, gravimétrie, mesures spatiales...)
- Un moyen : le **géoïde** ~ niveau moyen des océans
- Besoins : **altimètres** embarqués étalonnés
- Référence verticale  $\Rightarrow$  télémétrie laser
- Etalonnage  $\Rightarrow$  trace satellite, proximité de la mer
- Réponse : **Station Laser Ultra Mobile**
- Exemple d'étude et de réalisation : campagnes CAL/VAL (Corse 2002, Crète 2003)



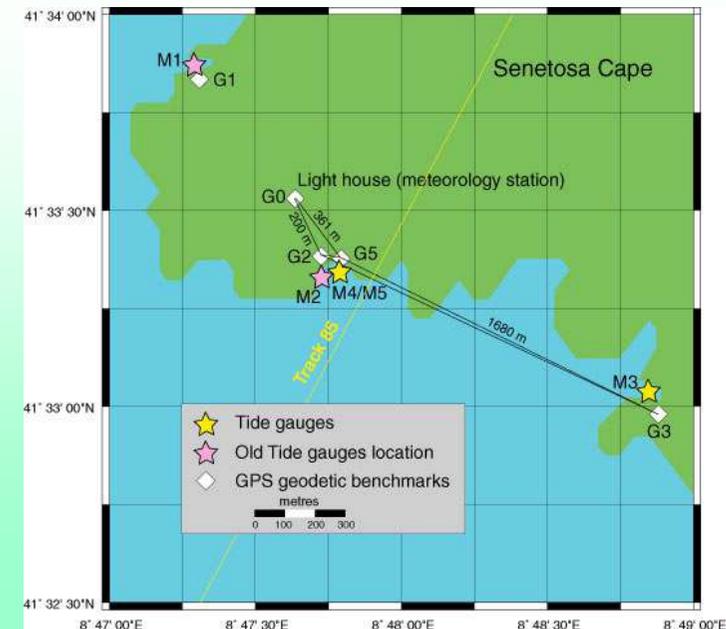
*Station Laser  
Ultra Mobile  
Ajaccio, 2002*



# Corsica configuration



- Distance between the FTLRS and the satellite ground tracks
  - T/P and JASON-1 : 25 km
  - ERS and ENVISAT : 5 km west

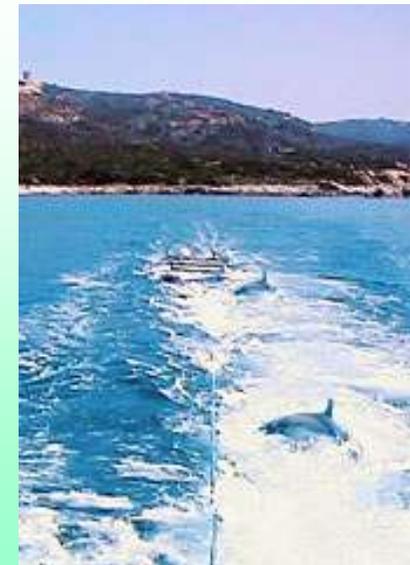


# Instrumentation

- Ajaccio
  - FTLRS (13/01 - 08/09)
  - permanent GPS receiver
  - DORIS beacon
  - 1 tide gauge



- Senetosa Cape
  - 3 tide gauges
  - GPS receivers and reference points
  - GPS buoy



# Un projet Européen Etalonnage multitechnique d'un site en Crête, île de Gavdos



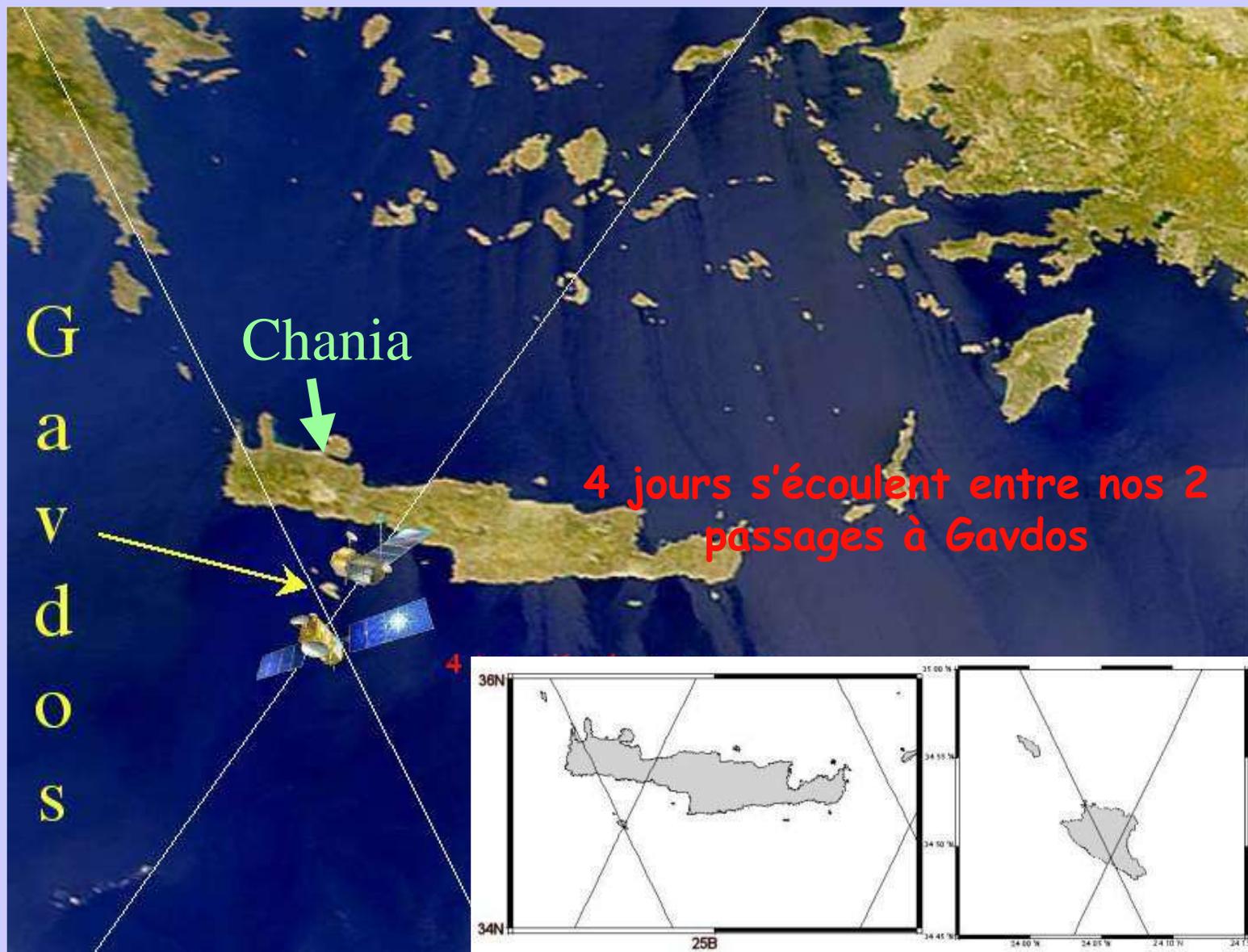
## 2003 : The European Gavdos project



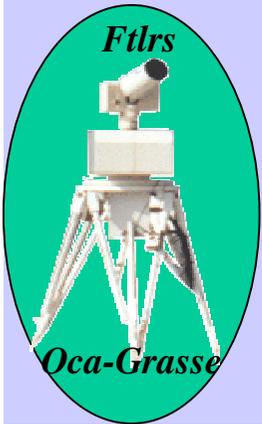
- Establishment of an absolute sea level monitoring and altimeter calibration facility on the isle of Gavdos (south of Crete in Grece)
- Estimation of the altimeter satellites biases and drifts
- Determine the mean sea level and the earth 's tectonic deformation field in the region of Creete with an accuracy of a few millimeters
- On site measurements :
  - tide-gauges
  - Gps and Foris
  - Direct altimeter transponders



# Local configuration - Crete and Gavdos



# Ftlrs deployment in three days





## LASER POSITIONING

-3-



Position estimated every 7 days while biases/sat (supposed constant) remain estimated with the whole data

$$d\phi = -0,58 \text{ cm} \quad \pm 0,35 \text{ cm}$$

$$d\lambda = 0,16 \text{ cm} \quad \pm 0,33 \text{ cm}$$

$$dh = 1,25 \text{ cm} \quad \pm 0,28 \text{ cm}$$

$$\text{Biases LA1} = -0,96 \text{ cm} \quad \pm 0,21 \text{ cm}$$

$$\text{LA2} = -0,97 \text{ cm} \quad \pm 0,18 \text{ cm}$$

$$\text{STA} = -1,57 \text{ cm} \quad \pm 0,11 \text{ cm}$$

$$\text{STE} = -2,02 \text{ cm} \quad \pm 0,11 \text{ cm}$$

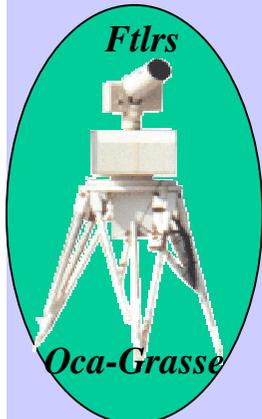
(Relative to JCET solution)

**Max correlation (dh/bias) = 0,57**

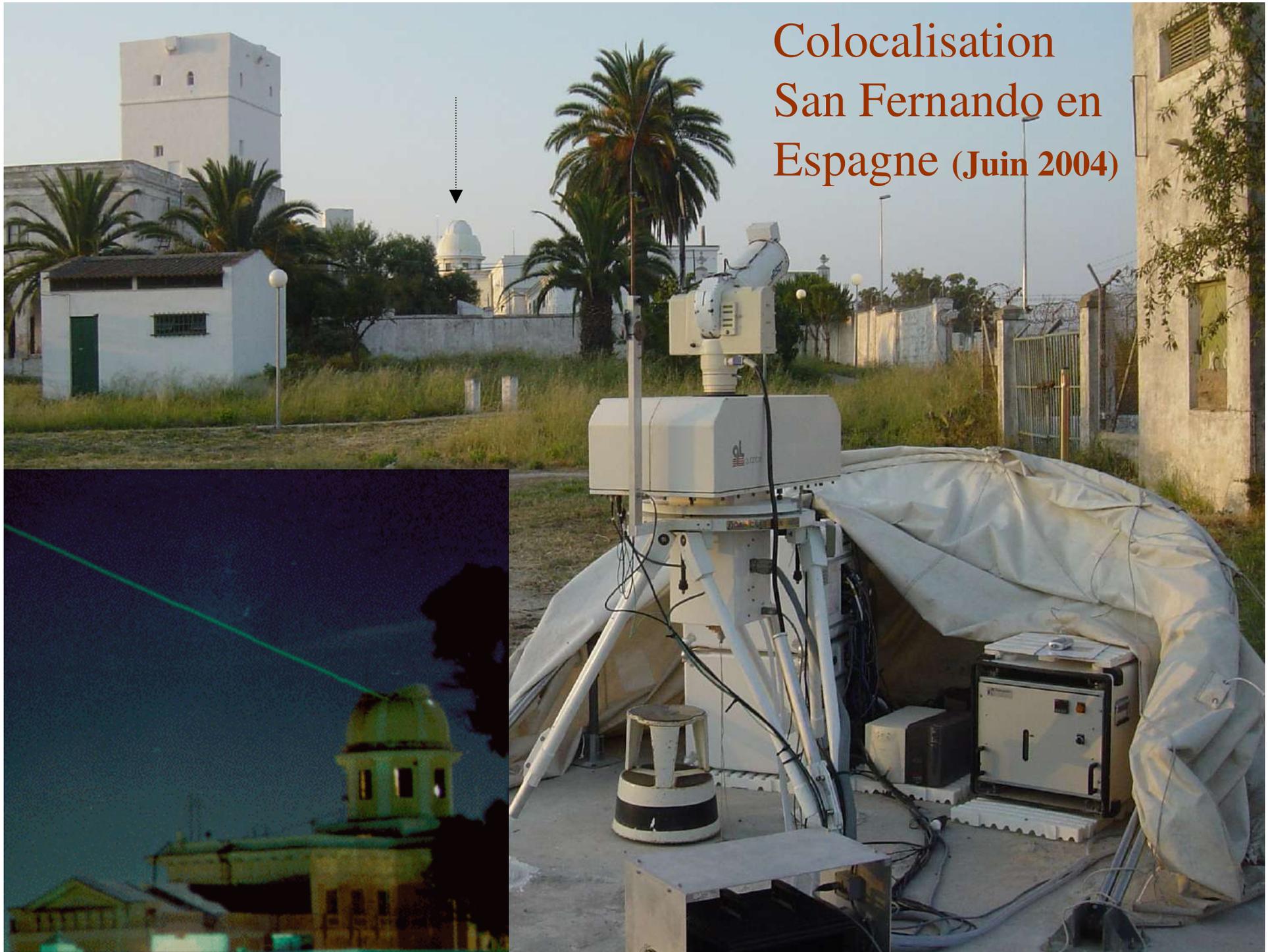
Correlation decreases significantly

Estimated station bias is globally lower  $B = 10 \pm 2 \text{ mm}$

→ Final solution held



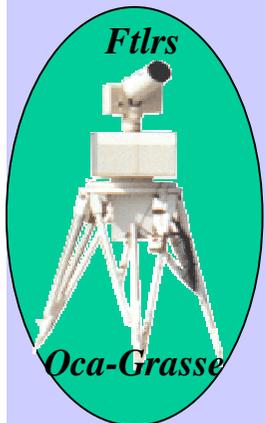
Colocalisation  
San Fernando en  
Espagne (Juin 2004)



# Next campaign - Normandy (2004)



- Objectives :
  - Vertical variations measurement
  - Multi-techniques
  - why normandie
    - High ocean tide
    - Load effect on earth



*Campaign dates: September/October 2004*

