

**Structuration nationale sur les thématiques :  
Gravitation - physique fondamentale, systèmes de  
référence, métrologie de l'espace-temps**

**Action Spécifique GRAM  
Gravitation, Références, Astronomie, Métrologie**

**Journées du GRAM 2010**  
*Nice, 29-30 Novembre 2010*

# Plan

- Contexte
- AS GRAM – contours scientifiques
- Exemples d'activités fédérateurs
- AS GRAM – contours humains
- Budget post-2010
- Actions post-2010
- Les journées GRAM 2010

# Contexte

- Besoin de créer une structure **nationale, du CNRS, pérenne**, fédérant des activités en **physique fondamentale, mécanique spatiale, métrologie, systèmes de référence**.
- Besoin de représentation de ces activités dans le « pavage » de l'INSU
- Besoin d'accompagnement scientifique de missions spatiales et de leur exploitation
- De très bonnes structures (GREX, GRGS, GPhyS,...) existent ou ont existé mais aucune ne satisfait tous ces critères.
- En plus de l'INSU, d'autres instituts et organismes intéressés (INP, IN2P3, INSIS, CNES, ONERA,...)

# Contexte

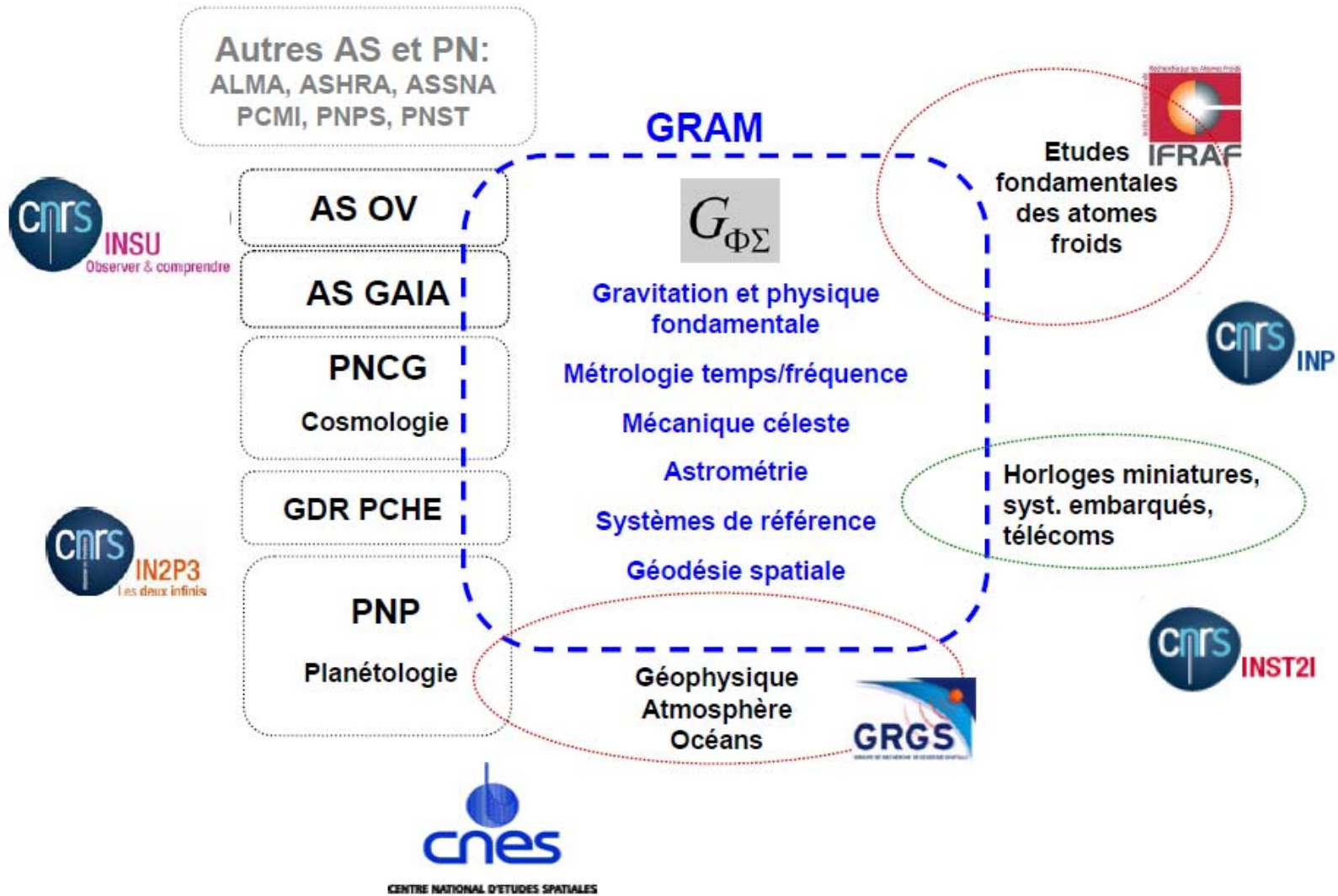
- Document « fondateur » :
  - élaboré été 2009
  - présenté à la CSAA de l'INSU en Juin 2009
  - soumis dans le cadre du colloque de prospective de l'INSU (19-22 octobre 2009, La Londe-les-Maures), accueil positif
- Création de l'AS GRAM (Gravitation, Références, Astronomie et Métrologie ) validée par la CSAA le 6 janvier 2010
- Structure INSU (AS) soutenue (pour 2010) par INSU, INP et CNES

# Contours Scientifiques

Décrits en détail dans le document fondateur

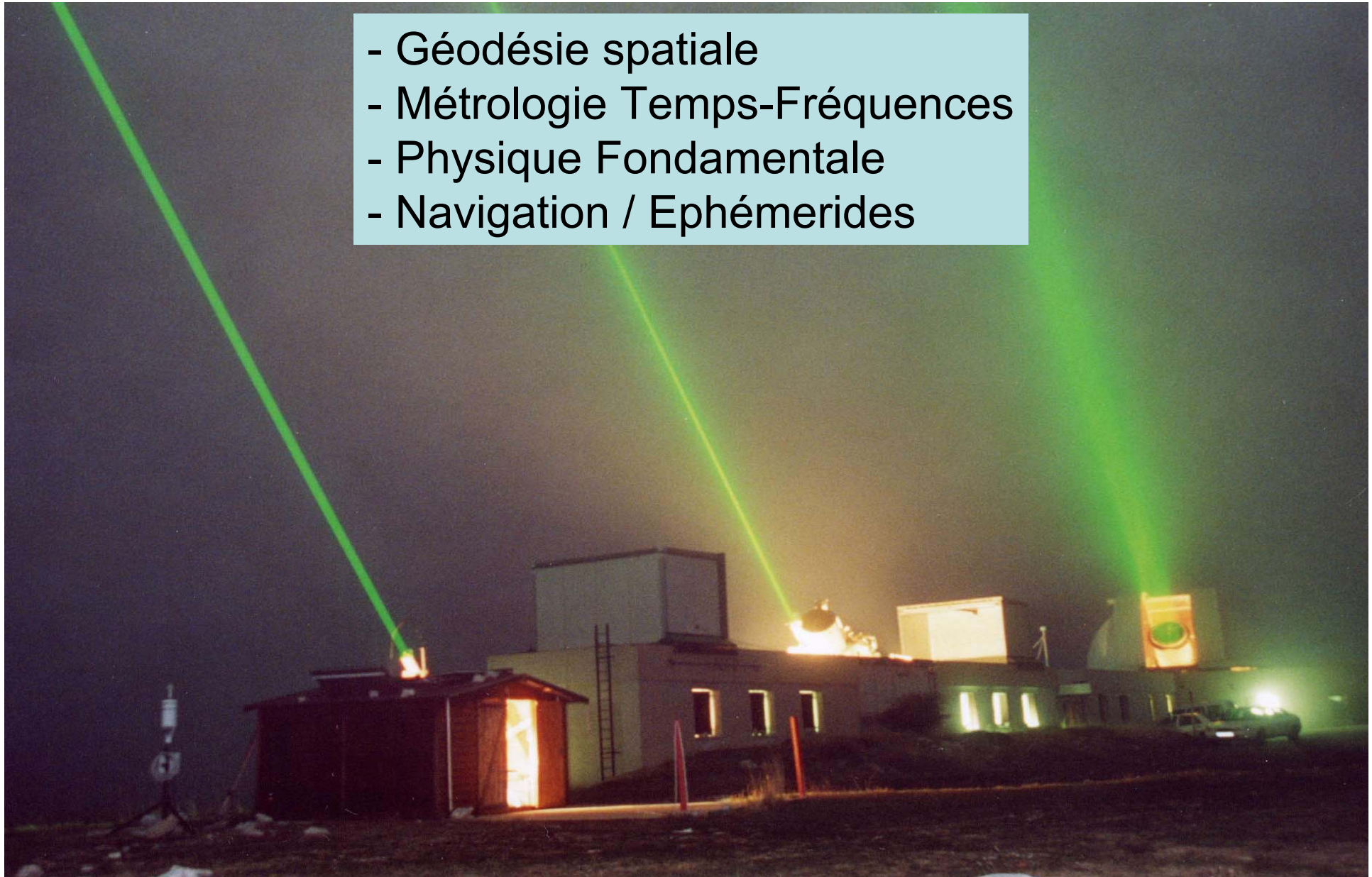
Domaine	Thématiques fédératrices	Projets	Laboratoires
Gravitation, Physique Fondamentale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tests des lois fondamentales de la physique (relativité, lois de gravitation)</li> <li>- Développements technologiques au sol et pour instrumentation embarquée</li> <li>- Théories des interactions fondamentales</li> </ul>	T2L2, PHARAO/ACES, MICROSCOPE, LISA PF, LISA, GAP, ODYSSEY, SAGAS, VIRGO, ICE, Tests en laboratoire, FORCA-G, Test avec Laser Lune, VLBI	APC, LKB, LCFIO, GéoAzur, CASSIOPEE, ARTEMIS, SYRTE, IMCCE, LUTH, USN, LPT-ENS, DMPH, LCAR
Métrologie de l'espace-temps/fréquence et Systèmes de référence	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction &amp; raccordement des systèmes de références</li> <li>- Astrométrie</li> <li>- Géodésie spatiale</li> <li>- Échelles de temps</li> <li>- Rotation de la Terre</li> <li>- Géopotential</li> <li>- Contrainte des modèles d'étude des environnements planétaires</li> </ul>	Gaia, LQAC, LLR, VLBI, SLR, DORIS, GNSS, GEOSTAR, Galileo, pulsars, IERS, satellites géodésiques, VLBI,	Obs. Besançon, LAB, SYRTE, IMCCE, Géoazur, CASSIOPEE, USN, DTP, LAREG, DMPH
Mécanique céleste (trajectoires des corps naturels) et mécanique spatiale (trajectoires des corps artificiels autour des planètes et dans le système solaire)	Principe fondamental de la dynamique, et dynamique orbitale	INPOP, NOE, PODET, Gaia, missions non-dédiées (EJSM, ...)	IMCCE, Géoazur, CASSIOPEE, SYRTE, Obs. de Besançon, DTP

# Contours Scientifiques

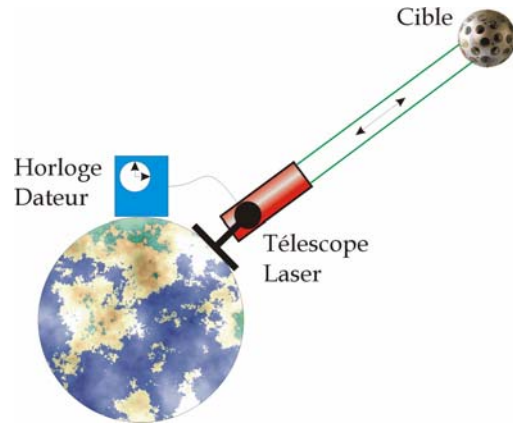


# Télémétrie Laser

- Géodésie spatiale
- Métrologie Temps-Fréquences
- Physique Fondamentale
- Navigation / Ephémérides



# Exemple: Télémétrie laser



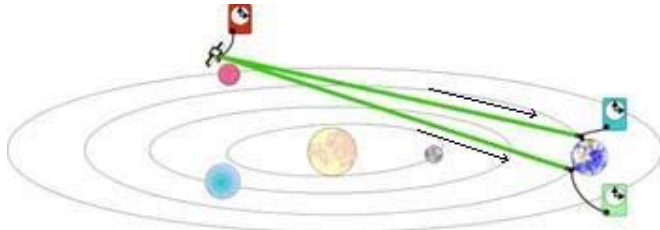
▪ Actuellement :

Laser à impulsions

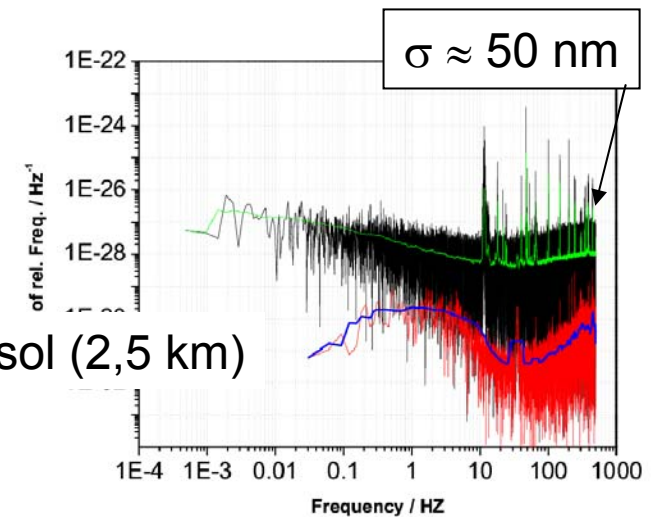
- Précision et exactitude sub-centimétrique
- Limite en distance : la Lune

▪ Perspective 1 : haute résolution pour cibles proches  
Mini Doll : mesure de phase d'un laser continu  
(SYRTE - GEOAZUR)

▪ Perspective 2 : Télémétrie 1 voie pour cibles très lointaines (concept TIPO)



Nécessité d'horloges synchronisées et très stables



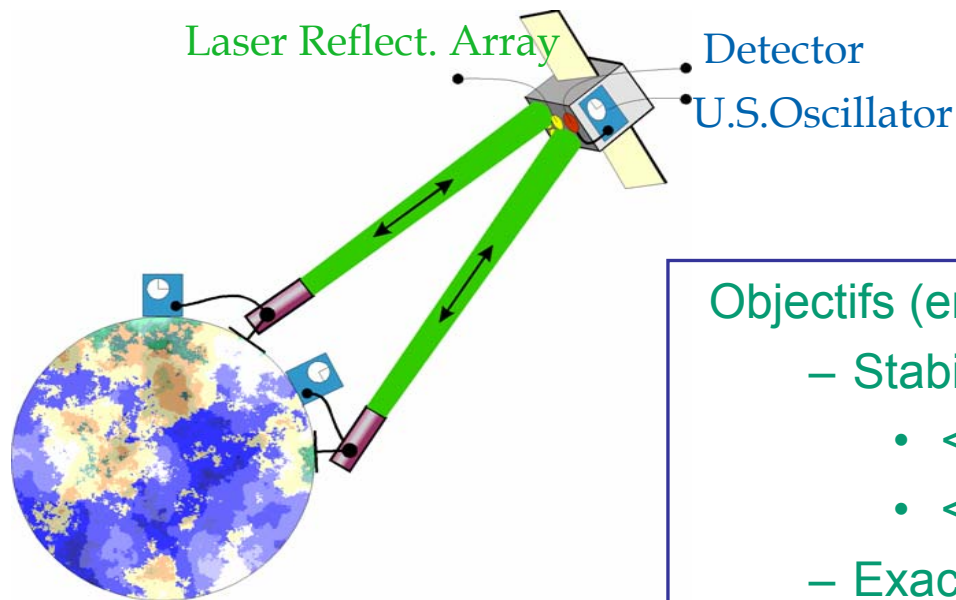


# Transfert de temps par lien laser (T2L2)

Mission CNES ; lancée en juin 2008 Jason2; PI : OCA

## Principe :

- Datations sol et bord d'impulsions laser
- Permet de comparer une horloge sol à l'horloge bord
- Permet de comparer plusieurs horloges sol entre elles (OCA, SYRTE)



## Objectifs (en vues communes) :

- Stabilité :
  - < 2 ps @ 1000 s
  - < 10 ps @ 1 jour
- Exactitude : < 100 ps

# Orientation céleste de la terre

## *Models*

- IAU precession-nutation
- IERS geophysical models for part of polar motion and variations in length of day

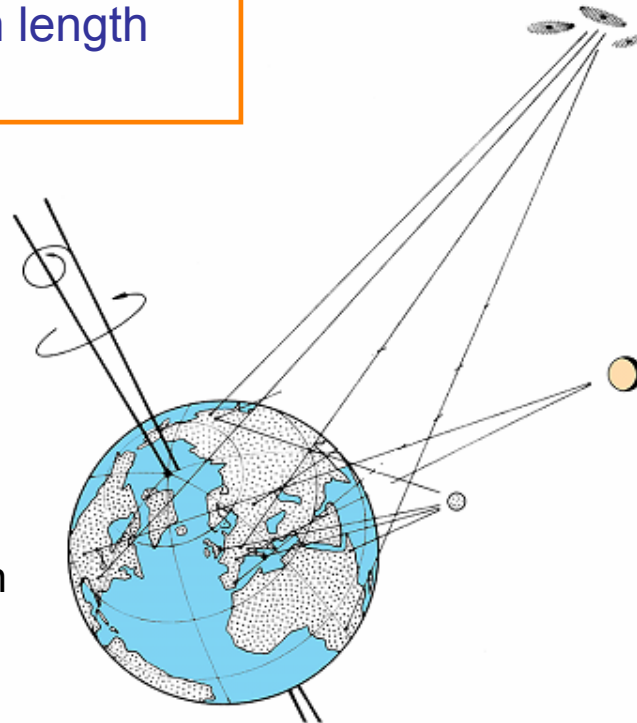
- Systèmes de références
- Navigation / Ephémérides
- Géodésie spatiale

## *Observations*

- VLBI observations of radio sources
- Lunar laser ranging observations
- observations of artificial satellites (GNSS, laser ranging and DORIS)

## *Earth's rotation*

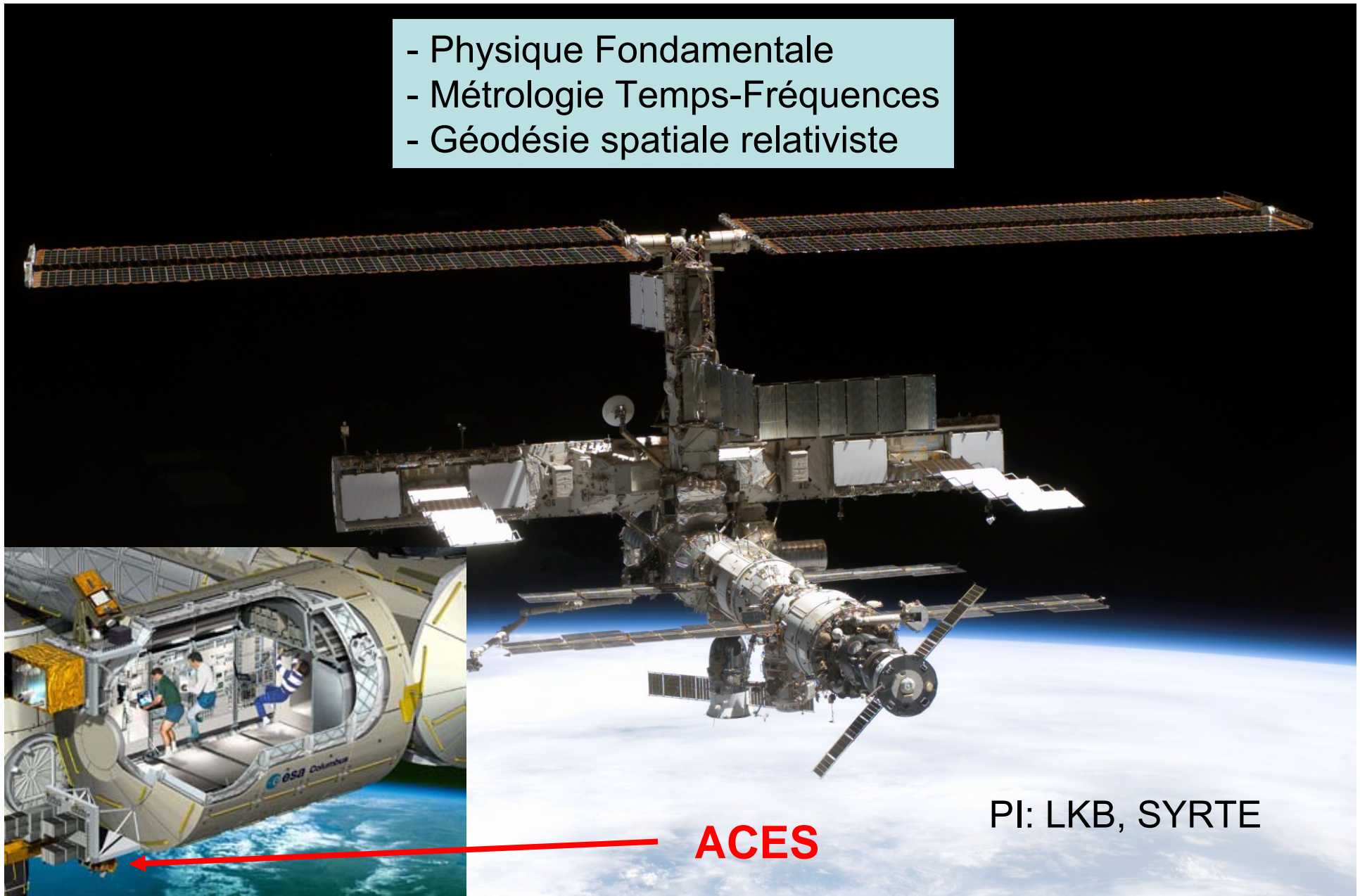
- Precession-nutation
- Polar motion
- Diurnal rotation



Coordinated at an international level by IVS, IGS, ILRS, IDS →  
**IERS**

# ACES/PHARAO

- Physique Fondamentale
- Métrologie Temps-Fréquences
- Géodésie spatiale relativiste

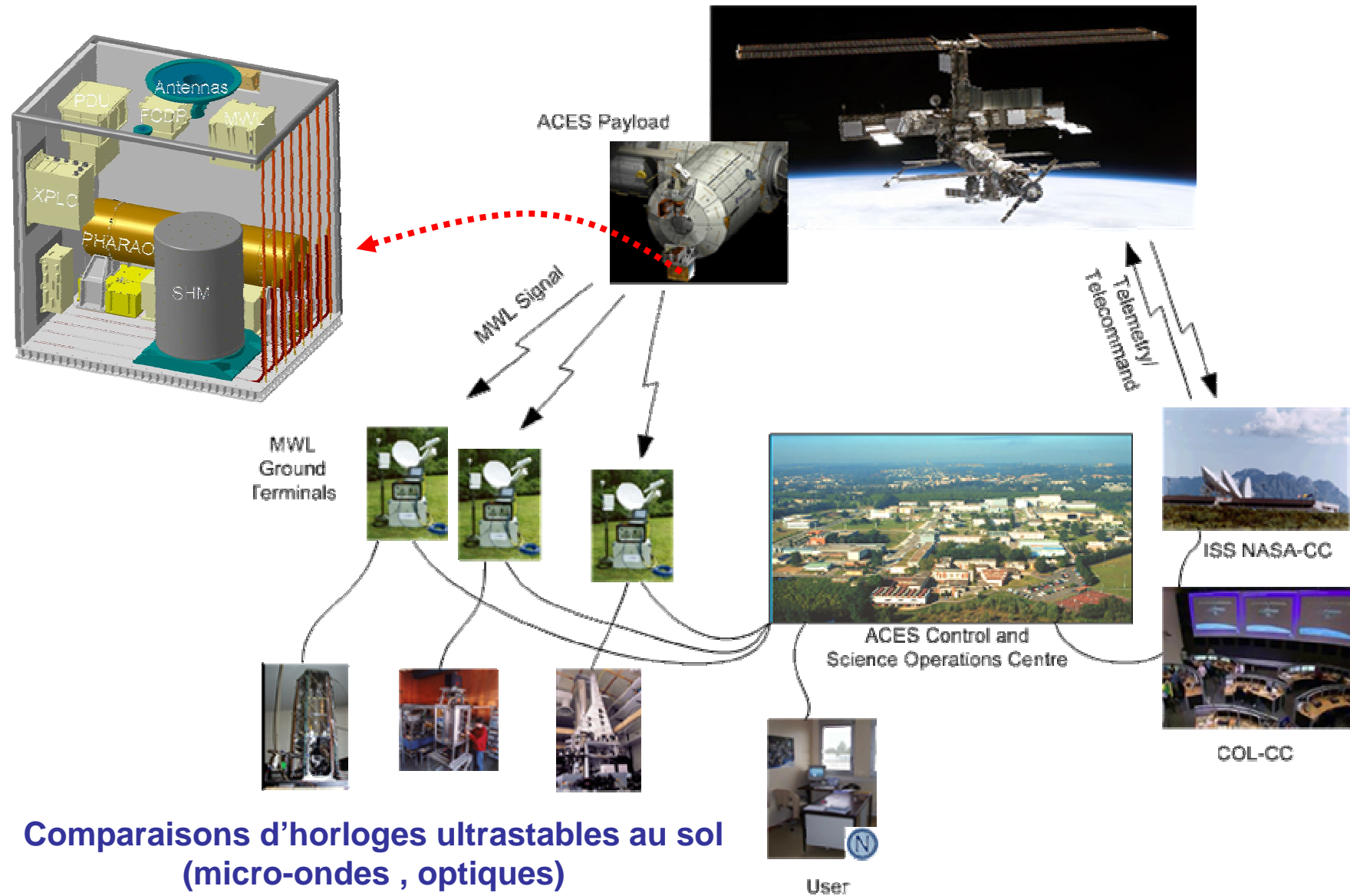


**ACES**

PI: LKB, SYRTE



# ACES : un ensemble d'horloges ultrastables à bord d'ISS

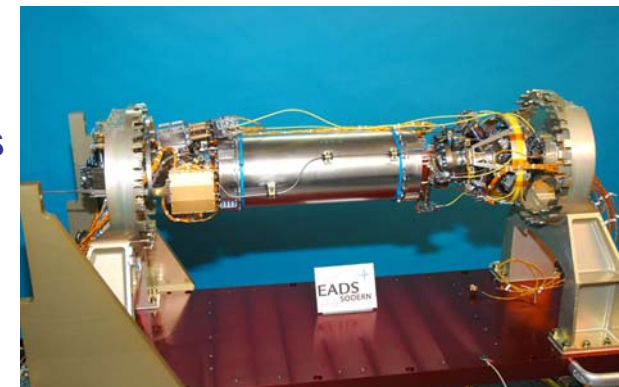
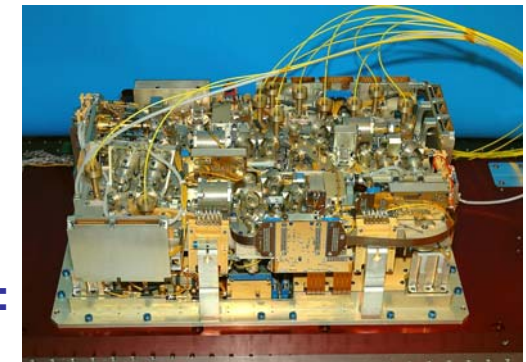


Comparaisons d'horloges ultrastables au sol  
(micro-ondes , optiques)



## Objectifs scientifiques d'ACES

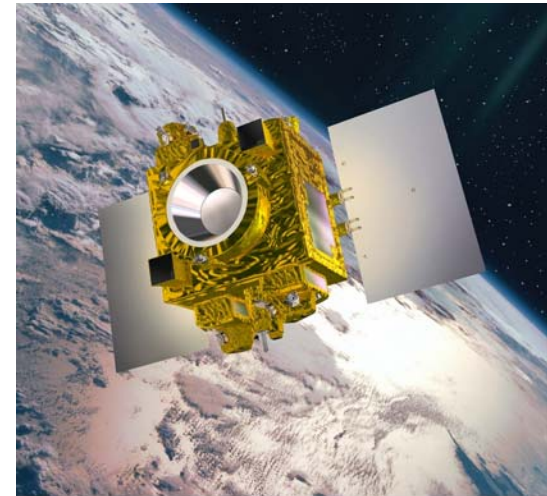
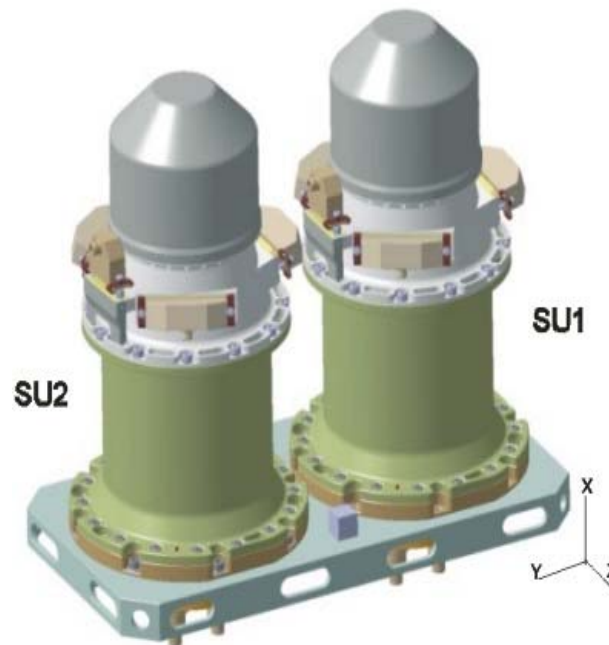
- Démonstration du fonctionnement de l'horloge à atomes froids PHARAO en  $\mu\text{g}$  avec une stabilité et exactitude de  $10^{-16}$
- Tests de physique fondamentale :
  - Mesure de l'effet Einstein à  $2 \cdot 10^{-6}$
  - Test de l'invariance de Lorentz
  - Recherche d'une éventuelle dérive des constantes fondamentales avec une résolution de  $10^{-17}$  par an
- Contribution aux échelles de temps (TAI) & étalonnage des techniques de transfert de T/F (GPS, TWSTFT, GALILEO, fibres)
- Démonstration d'une nouvelle méthode de géodésie relativiste :  $10^{-17} \rightarrow 10 \text{ cm}$
- Suivi des signaux GPS et Galileo
- Sondage l'atmosphère et l'océan par radio-occultation des satellites GPS



# Test du PE dans l'espace : MICROSCOPE

- Physique Fondamentale
- Géodésie et Navigation spatiale

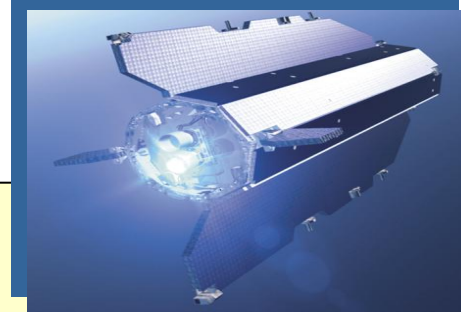
- Mission CNES-ESA ; 2014 ; PI : ONERA, OCA
- Test de l'identité de la chute libre de masses en platine et titane
- Précision :  $10^{-15}$  (Gain d'un facteur 100)



Accéléromètres électrostatiques (ONERA)

**Un accéléromètre mesure une force relative entre une masse d'épreuve et le satellite :**

- Force non gravitationnelle
- Gradient spatial de gravité
- Différence de gravité sur 2 masses en un même point

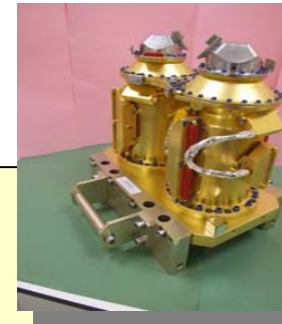


### **GRAVIMETRIE et GRADOMETRIE SPATIALES**

- Missions CHAMP , GRACE
- Mission GOCE
- PROJETS de MISSION : MICROMEGA, 'GRACE Follow ON'

### **MISSIONS SPATIALES de PHYSIQUE FONDAMENTALE**

- Mission MICROSCOPE
- Gravity Advanced Package (GAP) pour missions EJSM (JGO) vers Jupiter
- Gravitation à longue distance, Rebonds gravitationnels (Flyby Anomaly)
- Propositions de Missions ODYSSEY, OSS



# Contours Humaines

- Evaluation de la taille de la communauté concernée (document fondateur): 22 laboratoires, 15 établissements,  $\approx$  250 personnes
- Responsable actuels: G. Métris (OCA) et P. Wolf (OP)
- Comité Scientifique: 17 membres nommés par l'INSU dont 7 INSU, 6 INP, 1 INSIS, 1 IN2P3, 1 ONERA, 1 CNES
- Deux réunions du CS (Mai et Sept 2010): Décision unanime de garder le GRAM ouvert à toute action qui permet de fédérer et dynamiser les thèmes scientifiques du GRAM, quel qu'en soit le porteur  $\Rightarrow$  diffusion des actions (séminaires, écoles, AO, ...) le plus large possible.



# Budget post-2010

- Activités du GRAM incluent des soutiens (AO) instrumentaux labo et spatial  $\Rightarrow$  financements conséquents
- Pour 2011 participation probable de nouveaux partenaires (INSIS, IN2P3, ONERA)
- On espère une augmentation importante du budget pour 2011 et post-2011
- Mais, contexte budgétaire actuel très défavorable!  
(réduction probable de 15-30 % du soutien PN et AS)

# Actions envisagées post-2010

- Journées scientifiques (prospective) tous les 4 ans.
- École thématique:
  - année N, choisir thème et organisation fin année N-1
- AO scientifique:
  - Lancer AO automne année N-1
  - Réponses fin année N-1
  - Sélection tout début année N
  - Attribution des crédits année N dès qu'ils sont disponibles
- Décisions du CS nécessaires → rythme le calendrier:
  - 1 CS en jan/fev et 1 CS en sept/oct

# Appel d'offre 2011

Une des actions de l'AS GRAM est un appel d'offre annuel. Ce premier AO 2011 concerne l'ensemble des activités du GRAM. Il pourra financer des demandes de type :

- Équipement, contributions aux expériences terrestres ou à la R&T spatiale
- Activités d'analyse de données et de modélisation
- Soutien colloques et écoles thématiques
- Soutien de collaborations entre équipes et d'actions structurantes

GRAM ne pourra pas financer :

- Des frais de personnel, quelque soit leur forme (CDD, vacations...)
- Des frais de fonctionnement ou du petit équipement relevant du soutien de base des laboratoires

Dates:

- Lancement de l'AO: début décembre 2010
- Date limite des demandes: **23 Janvier 2011**
- Notification des résultats: Mars 2011

# Les journées GRAM 2010

- Dates : 29-30 novembre 2010
- Lieu : Nice, maison du séminaire
- 90 inscrits
  
- Objectifs :
  - Etat des lieux scientifique concernant les thématiques GRAM
  - Discussions sur les perspectives et la prospective
  - Discussions sur le fonctionnement de GRAM
  
- Enjeux des journées, mais aussi des prochaines années:
  - Faire de GRAM une structure utile (et pas juste 1 de plus)
  - Faire de GRAM une structure visible (tutelles...)