

The logo for ESEP (European Space Education Programme) features the acronym 'ESEP' in a bold, black, serif font. The letters are centered over a stylized orange planet with two blue dots representing moons or orbiting bodies. The background of the logo is a light blue gradient.

**ESEP**

# Planétologie à L' ESEP

- *François Forget*
- *LMD, IPSL*

# Les thèmes de recherches

## Dans les textes du LABEX:

- L'origine du système solaire
- La chimie prébiotique et l'origine de la vie
- L'évolution des systèmes climatiques et l'habitabilité
- La planétologie comparée

## ⇒ En pratique:

1. Etudes des atmosphères et climats planétaires
2. Etudes des petits corps (comètes, astéroïdes, objets trans-neptuniens)
3. Etude de la matière extraterrestre organique et de son évolution dans les milieux extraterrestres



# Contexte: Principales participations Française à des missions en planétologie (hors plasmas et magnétosphères)

## 1986-2013

### • Collaboration avec URSS/Russie

- **Vega** (Vénus-Comète) (1986)
- **Phobos 2** (vers Mars, 1988)
- **Mars 96** (1996, échec)
- **Phobos-Grünt** (2011, échec)

### • ESA :

- **Giotto** (comètes) (1986)
- **Cassini-Huygens** (1997)  
(NASA/ESA: Titan-Saturne)
- **Mars Express** (2003)
- **Venus Express** (2005)
- **Rosetta** (comète) (2004)

### • NASA :

- **Mars Odyssey** (2001)
- **Curiosity** (Mars, 2011)

## A venir :

### • Mars :

- **EXOMARS Mars Trace Gas Orbiter + Demo Lander** (ESA/ russie, 2016)
- **INSIGHT** (Lander NASA 2016, sismometre)
- **EXOMARS Rover** (ESA/russie, 2018)

### • Mercure :

- **Bepi-Colombo** (ESA, 2014)

### • Programme ESA Cosmic Vision:

- **JUICE** (Jupiter et ses lunes, 2022)
- **Mission M3 ?** en cours de sélection. 5 propositions dont **MarcoPolo-R** (retour d'échantillon d'astéroïde)



Rosetta

# Développement instrumental Héritage de 6 grandes filières

(instruments en vol ou sélectionnés)

## 1. Spectromètre/imageurs Visible+NIR (LESIA + LATMOS)

- OMEGA (Mars 96, Mars Express)
- Virtis (Rosetta), Virtis (Venus Express),
- SPICAM-light (Mars Express), SPICAV-SOIR (Venus Express)
- VIHI/SIMBIO-SYS (Bepi-Colombo)
- *HIRIMS* => *MAJIS* (JUICE)
- *MARIS* (Marco-Polo, TBC!)

## 2. Spectromètres UV (LATMOS)

- SPICAM (Mars 96)
- SPICAV-SOIR (Venus Express)
- SWAN (SOHO)
- PHEBUS (Bepi-Colombo)

## 3. Récepteur submillimétrique (LERMA + LESIA + LMD)

- *MIRO* (Rosetta) •
- *SWI* (JUICE)

# Développement instrumental Héritage de 6 grandes filières

(instruments en vol ou sélectionnés)

## 4. Capteurs électriques & Radar (LATMOS)

- *HASI* Electrical sensor (Huygens)
- *microARES* (Exomars lander)
- *CONSERT* (Rosetta)
- *WISDOM* (Exomars rover)
- *ICE* (DEMETER)

## 5. Analyse de la matière In-situ (LATMOS-LISA)

- *ACP* : *Aerosol Collector Pyrolyser* (Huygens)

**Gas chromatograph :**

- *COSAC* (Rosetta)
- *SAM* (Curiosity)
- *GAP* (Phobos-Grünt)
- *MOMA* (Exomars Rover)

## 6. Spectromètres de Masse (LATMOS, LPC2E)

- *CAPS* (Cassini)
- *PICAM* (Bepi-Colombo)
- *ROSINA* (Rosetta)
- *COSIMA* (ROSETTA)

# Un enjeu de l' ESEP : vers de nouvelles filiales instrumentales ?

## Exemples:

- LIDAR atmosphérique
- Cathodoluminescence
- ORBITRAP (cf. exposé J.P. Lebreton)
- .....





# Observation télescopiques (au sol & télescope spatiaux)



## Infrarouge → visible

- **LESIA:**
  - Observations atmosphères planétaires, comètes, astéroïdes, TNO (dont Pluton et Eris) ⇒ « Large Program ESO »
  - Spectroscopie + occultations stellaires
  - Nombreux instruments utilisés, dont VLT
- **IMCCE :**
  - Caractérisation des petits corps, détection de météorites, mécanique céleste.
  - Observations astrométrique et photométriques, (notamment en optique adaptative)
  - Projet FRIPON: “Fireball Recovery and Interplanetary Matter Observation Network
- **IMCCE + LESIA + 10 instituts :** Programme Européen NEOshield (FP7)



# Observation télescopiques (au sol & télescope spatiaux)



submillimétrique → millimétrique  
(IRAM, ALMA, Herschel)

- LESIA (Observations) + LERMA (Hardware)
  - Observations cométaire (*Herschel: D/H de la comète Hartley 2*)
  - Atmosphères (*Herschel: HNC sur Titan*)
  - Astéroïdes, TNO (dont Pluton et Eris) (*Herschel: emission thermique des TNO*)
- LESIA : 5 PI (sur 13) sur projets ALMA
- Voir aussi *observations radios basse fréquence* (LESIA, LPC2E, USN)
  - Exemple: observations cométaires à Nancay.
  - Exemple: LOFAR: P. Zarka cet après midi ; poster R. Courtin.



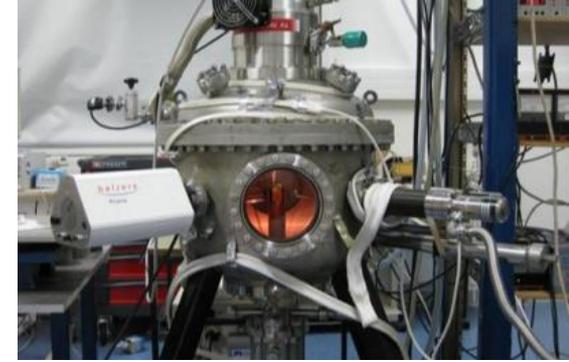


# Modélisation numérique du climat

- **Mars:** (*LMD + LATMOS + IMCCE*)
  - « **Mars system simulator** » : cycle du CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O/poussière/ photochimie/thermosphère/ionosphère
  - **Modèles méso/micro-échelle:**
- **Vénus:** (*LMD+LATMOS*)
  - **1er vrai GCM** (dynamique 3D + transfert radiatif)
  - **En projet** : microphysique, chimie, thermosphère
- **Titan** (*LMD + GSMA*)
  - Titan « **IPSL GCM** » : dynamique, chimie, nuages, brumes
- **Triton/Pluton** (*LMD*) : **1er vrais GCMs**
- **Saturne** (*LMD + LESIA*) : **GCM en développement**
- **Exoplanètes et atmosphères primitives**
  - **GCM « Générique »** (*LMD, LATMOS*)



## Simulations en laboratoire



### • Simulation de la photochimie de Titan et des aérosols organiques:

#### - **PAMPRE** (LATMOS, LISA):

- Production d'Aérosols en Microgravité par Plasma Radio Fréquence (aérosols de Titan)
- Combiné à Single Particle Laser Ablation Mass Spectrometry (SMARD program)

#### - **PLASMA** (LISA) (évolution des aérosols en surface)

#### - **SETUP** (LISA) (Chimie de la phase gazeuse)

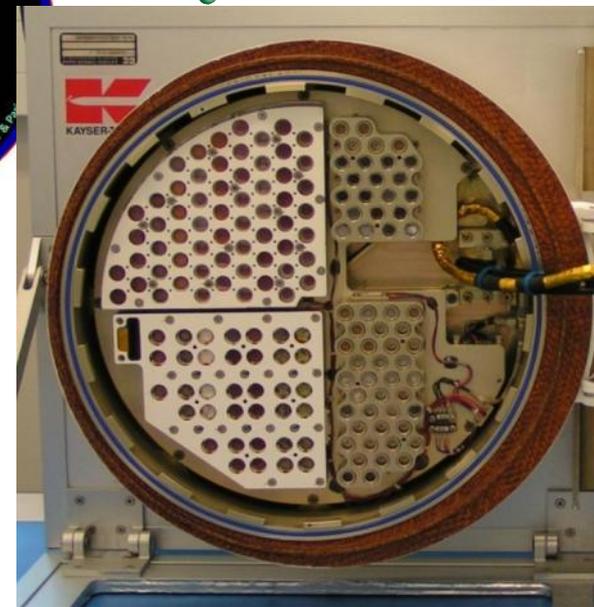
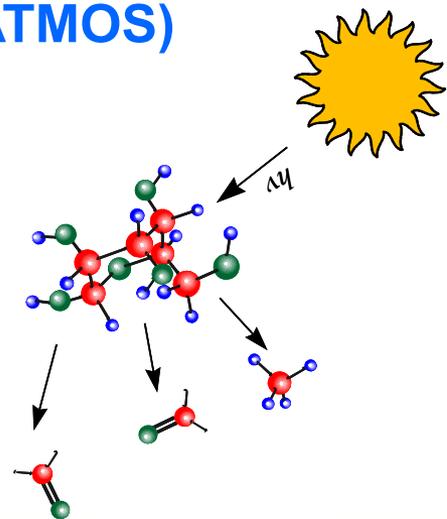
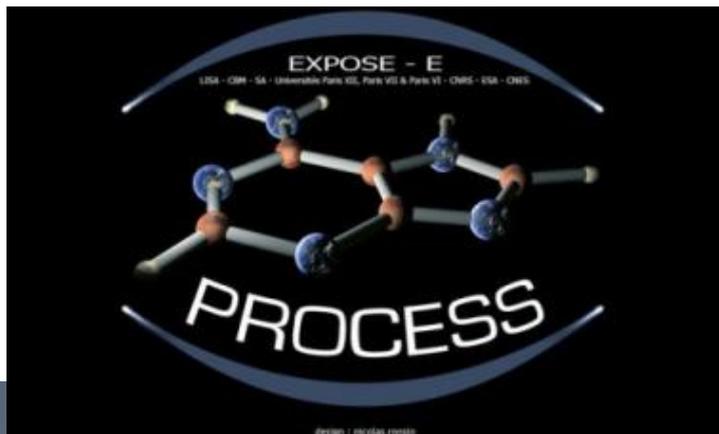
### • Physique des glaces dans l'espace (Comètes):

- **OREGOC** (LISA): Origine et Evolution des Glaces et des Composés Organiques Cométaires

### • Physico-chimie de la surface de Mars:

- **MOMIE** (LISA+ LATMOS): Mars Organic Molecules Irradiation & Evolution.

# Expériences de photochimie en orbite basse (LISA-LATMOS) (cf. Poster "Expose et Biopan", H. Cottin)





# Conclusions: ESEP

- ESEP déjà siège de **nombreuses collaborations inter-laboratoires**
- ESEP: combine 1) Exploration spatiale 2) Observations par télescopes 3) modèles numériques 4) expérience de laboratoire ⇒ **renforcer collaborations.**
- **~6 Filières instrumentales :**
  - ⇒ à développer toujours.
  - ⇒ Favoriser le développement de nouvelles filières (à partir de techniques terrestres, de laboratoire, astrophysique voire nouvelles technologies ...)
- Non discuté ici, mais important, bien sur.
  - Bases de données, observatoires virtuels, etc.
  - Enseignement (M2 astro/planeto + enseignement en ligne (cf. exposé F. Roques))
  - Diffusion grand public
  - Valorisation