



# Séminaire de **prospective scientifique**

**17 - 20 MARS 2014**

**La Rochelle**



# Bilan et Prospective Groupe de Travail « Exobiologie »

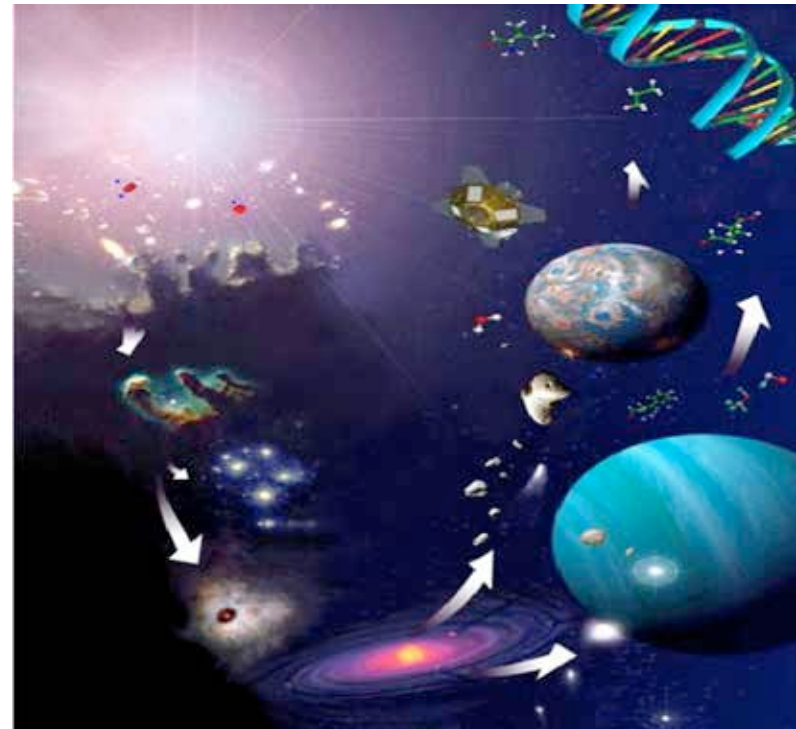
Christian Mustin pour le Groupe de Travail

Membres du groupe : N. Arndt, N. Biver, C. Brochier, H. Cottin, S. Derenne,  
C. Engrand, J.-C. Guillemin, A. Lecavelier, L. Lemelle, H. Martin, C. Mustin,  
D. Sourdive, M. Viso.



# Exobiologie et Exploration spatiale

- ◆ Y a-t-il de la vie ailleurs ? Comment la détecter?
- ◆ Quelles sont les conditions physico-chimiques nécessaires à l'émergence de la vie et suffisantes pour que la vie se maintienne?
- ◆ Exobiologie : Champ de recherche interdisciplinaire
- Comment l'exploration spatiale apporte-elle des éléments de réponse à ces questions?
  - ◆ Couplage entre mesures, observations et expérimentations





# Contexte Programmatique (2009-2013)

## ◆ Points forts

- ◆ CASSINI mission étendue
  - ◆ *Chimie de l'atmosphère de Titan*
- ◆ EXPOSE R
  - ◆ *Expositions en orbite sur ISS / Expérimentation sol*
- ◆ Mars Science Laboratory (MSL)
  - ◆ *Soutien scientifique à la planétologie (habitabilité)*
- ◆ COROT / KEPLER / Télescopes sols
  - ◆ *> 1000 exoplanètes découvertes*
  - ◆ *intérêt pour les signatures atmosphériques*

## ◆ Faiblesses

- ◆ PHOBOS GRUNT
  - ◆ *Echec sur un retour d'échantillons*
- ◆ ExoMars (2016-2018)
  - ◆ *Planification chaotique*



Expose R sur ISS



Exomars 2018



# Bilan scientifique

Facteurs structurants pour la communauté d'exobiologie

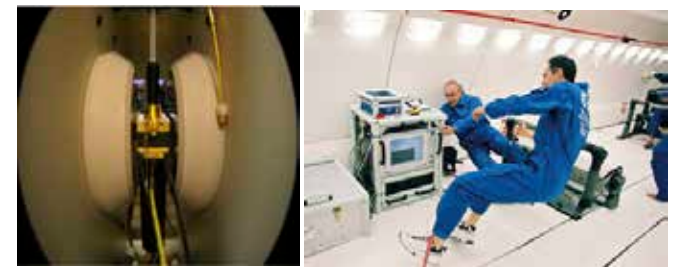


# Bilan scientifique (2009-2013)

- ◆ **Chimie complexe sur Titan**
  - ◆ Analyses/observations vs. analogues de laboratoire (CASSINI-HUYGENS)
  
- ◆ **Matière organique d'intérêt exobiologique**
  - ◆ Synthèse et caractérisation (ROSETTA, Spectres MIS, Chiralité, Météorites)
  - ◆ Stabilité dans le milieu interplanétaire (ISS-EXPOSE)
  - ◆ Propriétés optiques des poussières carbonées (A300 ZéroG - PROGRA2)
  
- ◆ **Contribution aux préparations missions et instruments**
  - ◆ Banque de données : analogues minéraux et organiques
  - ◆ RPE : marqueurs de biogénicité et syngénicité
  
- ◆ **Encyclopédie d'Astrobiologie (2011, Springer).**



*Chiral MicMoc - Synchrotron Soleil*



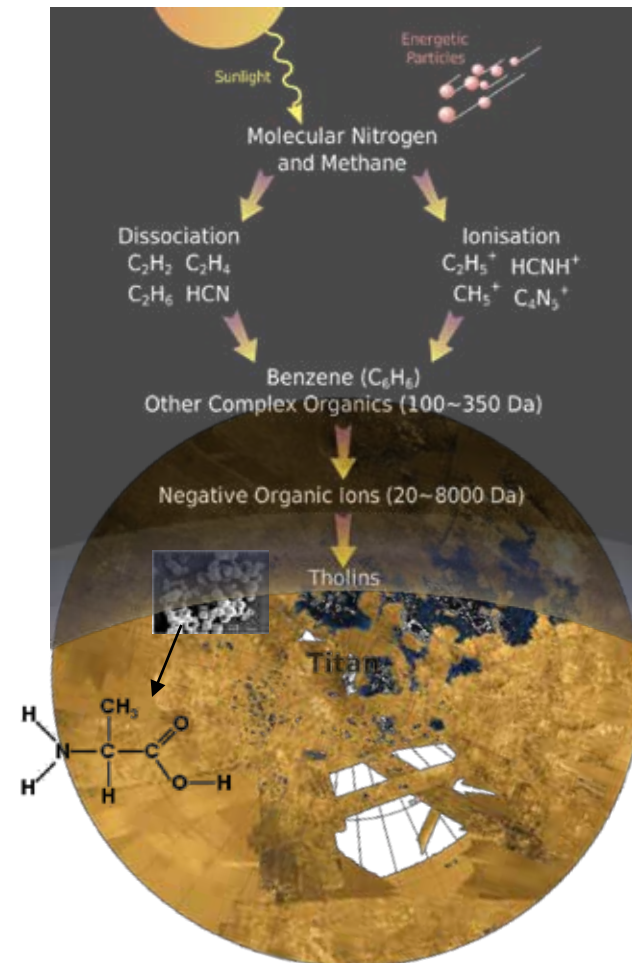
*Cavité RPE @ LCMCP*

*Expérience PROGRA2*



# Chimie complexe sur Titan

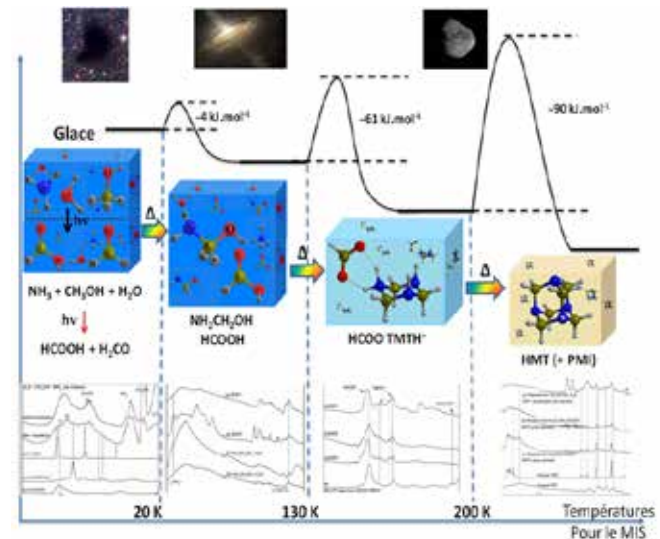
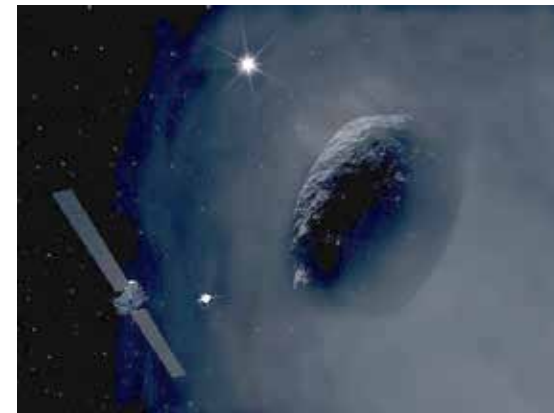
- ◆ Mission CASSINI - Huygens
  - ◆ Les ingrédients d'une chimie prébiotique sont présents !
- ◆ Sous les brumes rouges de Titan
  - ◆ Photochimie en haute atmosphère  
[N<sub>2</sub> : CH<sub>4</sub>] + hn --> aérosols C/N (Tholins)
  - ◆ Cryo-volcanisme de surface : magma [H<sub>2</sub>O:NH<sub>3</sub>]
- ◆ Analogues pour la chimie de Titan
  - ◆ Tholins (C<sub>n</sub>H<sub>x</sub>N<sub>y</sub>) --> Urée, acides aminés (hydrolyse)
  - ◆ *Caractérisation : IR, MS + Orbitrap, RMN*





# Analogues cométaires et précurseurs

- ◆ Préparation Mission Rosetta
  - ◆ Formation et stabilité thermique des précurseurs
    - ◆ POM (polyoxyméthylène – précurseur de formaldéhyde);
    - ◆ HMT (hexaméthylène tétramine), ...
  - ◆ Grains cométaires
    - ◆ UCAMMs - Micrométéorites ultracarbonées...
  
- ◆ Synthèse de petites molécules fonctionnalisées / spectres de référence
  - ◆ Nitriles, iso-nitriles, dérivés carbonylés...
  - ◆ Interprétation de spectres MIS

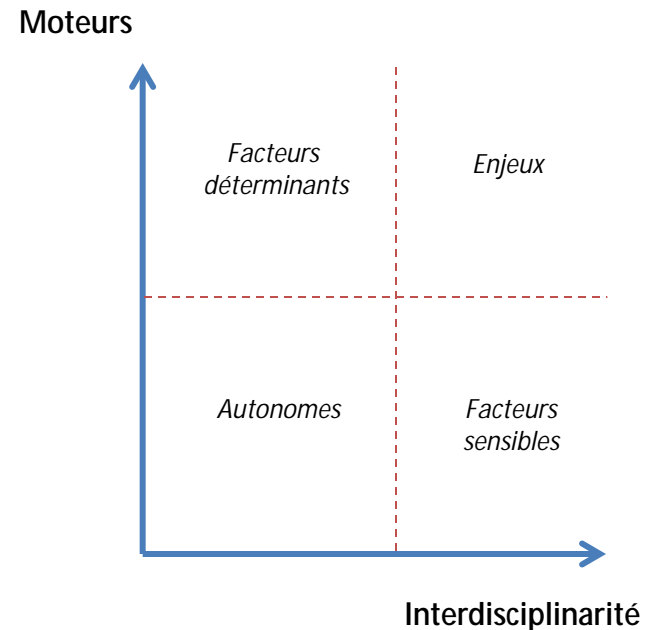






# Les facteurs structurants pour la communauté exobiologique

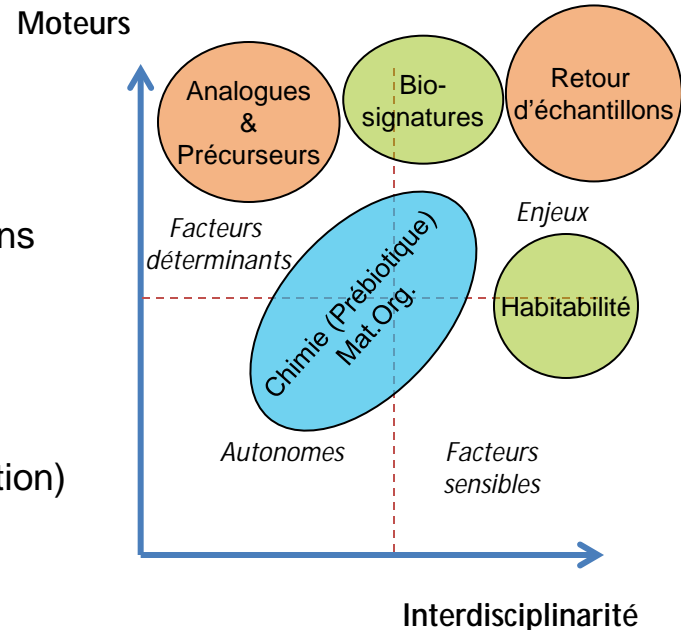
- ◆ Accompagnement du CNES sur un champ interdisciplinaire
  - ◆ Complémentarité Observation/Expérimentation





# Les facteurs structurants pour la communauté exobiologique

- ◆ Accompagnement du CNES sur un champ interdisciplinaire
  - ◆ Complémentarité Observation/Expérimentation
- ◆ La collecte et l'analyse d'échantillons extraterrestres (planètes ou petits corps)
  - ◆ Préparation des missions de retour d'échantillons
- ◆ Les recherches sur les analogues (M.O., roches...)
  - ◆ Modèles expérimentaux (simulation)
  - ◆ Préparation des missions d'exploration (calibration)
- ◆ Habitabilité et recherche de biosignatures
- ◆ Le passage chimie simple à complexe (prébiotique)
  - ◆ Evolution de la MO dans les milieux interstellaire, interplanétaire, planétaire





# Prospective du GT Exobiologie

## Priorités et Recommandations



# Missions d'exploration (ESA, NASA...)

## ◆ Le contexte international

### ◆ Habitabilité :

- ◆ *Titan* : *Cassini* (-> 2017)
- ◆ *Mars* : *MSL* (-> 2016)
- ◆ *Satellites Jupiter* : *JUICE* (2024-2035)
- ◆ *Exoplanètes* : *PLATO* (2024-2030),  
*CHEOPS* (2017-2023),  
*JWST* (2018-2028)

### ◆ Apport en matière prébiotique

- ◆ *Comète* : *Rosetta* (2014-2016)

## ◆ Missions et projets prioritaires

### ◆ Mars:

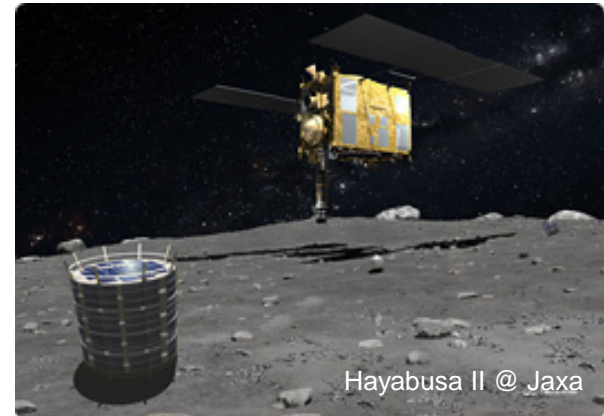
- ◆ *Réussir ExoMars* (2016-2018)
- ◆ *Programme facultatif MREP-2* (ESA)





# Missions multilatérales et d'opportunité

- ◆ Retour d'échantillons
  - ◆ Mars
    - ◆ *Mars 2020, Mars (MSR, I-Mars2), Phobos (PhootPrint)*
  - ◆ Petits corps carbonés primitifs
    - ◆ *OSIRIS-REx (2016), Hayabusa II (2014)*
  - ◆ Curation d'échantillons
- ◆ Analyse *in situ*
  - ◆ Contribuer à la définition des sites d'atterrissage
  - ◆ R&T Détection des traces de vie
- ◆ Exoplanètes
  - ◆ Caractérisation atmosphère : Mission d'opportunité (?)
    - ◆ *Nécessité d'une réflexion élargie sur les biosignatures spectroscopiques*



Lunar Curation @ Nasa

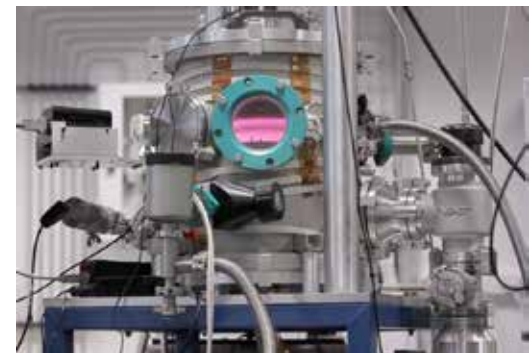


# Exploitation des données et moyens de calibration

- ◆ Exploitations à poursuivre en priorité
  - ◆ Cassini (-> 2017)
  - ◆ Rosetta (-> 2016)
  - ◆ MSL Curiosity (GT Système Solaire)
- ◆ Accompagnement des « Interdisciplinary Scientists (IDS) »
- ◆ Moyens de calibration
  - ◆ Analogues minéraux (ISAR)
  - ◆ Analogues organiques (Titan, comètes, MIS...)
- ◆ Soutien aux expériences en orbite (ISS)
  - ◆ Synthèse abiotique et évolution de la matière organique sous irradiation



*Analogues naturels ISAR @ BABERTON  
(Afrique du Sud)*



*Expérience PAMPRE @LATMOS*



# R&T et instrumentations innovantes

## ◆ Innovation

- ◆ Spectrométrie et imagerie RPE: Analyse non destructive de matière organique
- ◆ Spectrométrie de Masse Haute Résolution (Orbitrap) :  $M/\Delta M > 10\ 000$ 
  - ◆ *Démonstrateur Orbitrap : Entrée Prospective Ballon (aérosols atmosphériques terrestres)*



Orbitrap

## ◆ Spatialisation

- ◆ VITRINE : Cellules d'exposition instrumentée
  - ◆ *Phases 0/A à démarrer*
- ◆ Lithospace, HPLC
- ◆ Potentiel des nano-satellites (3-50kg)
  - ◆ *Exposition en orbite basse, exploration martienne*



Module EXPOSE sur ISS



# Interactions transverses & intergroupes

## Soutien aux activités pluridisciplinaires

- ◆ Entrées Prospective INSU
  - ◆ Création d'un nouveau Programme interdisciplinaire (PI) intégrant le réseau européen COST\* Origins
    - ◆ « *Origins and evolution of life on Earth and in the Universe* » (TD1308 ,2013-> )
  - ◆ Groupe de réflexion inter-organisme et interdisciplinaire : habitabilité, émergence et maintien du vivant



1er Colloque ORIGINS 2011 (Montpellier)  
Introduction plénière - Ada Yonath (Nobel Chimie 2009)



\* *COST : Cooperation in Science and Technology.*





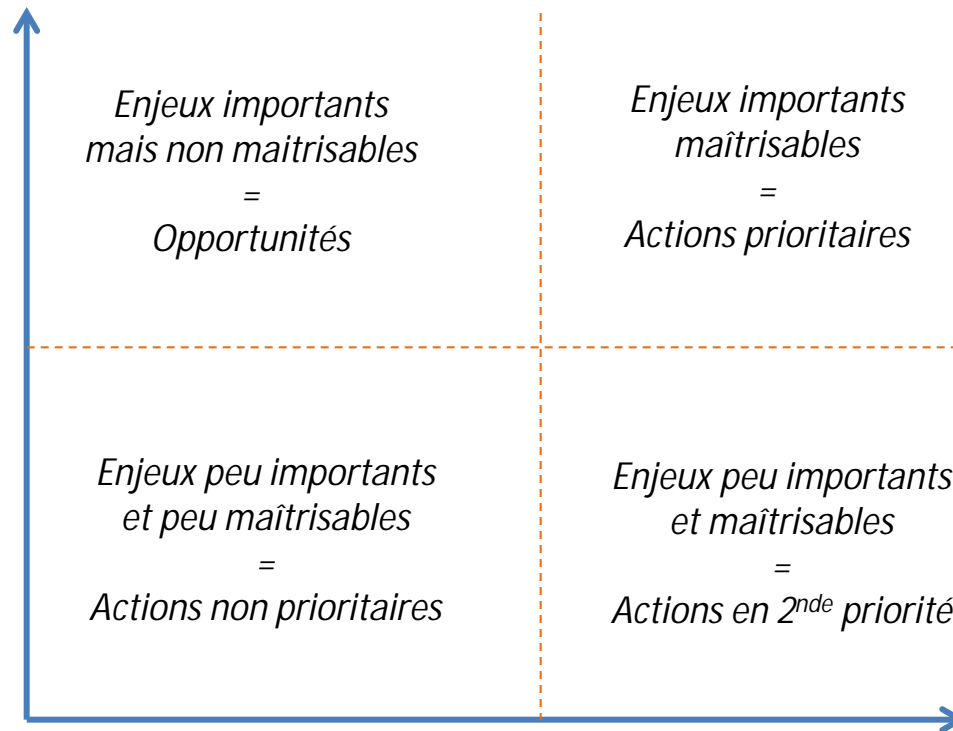
# Conclusions

De la prospective à la stratégie à moyen terme



# Synthèse stratégique à moyen terme

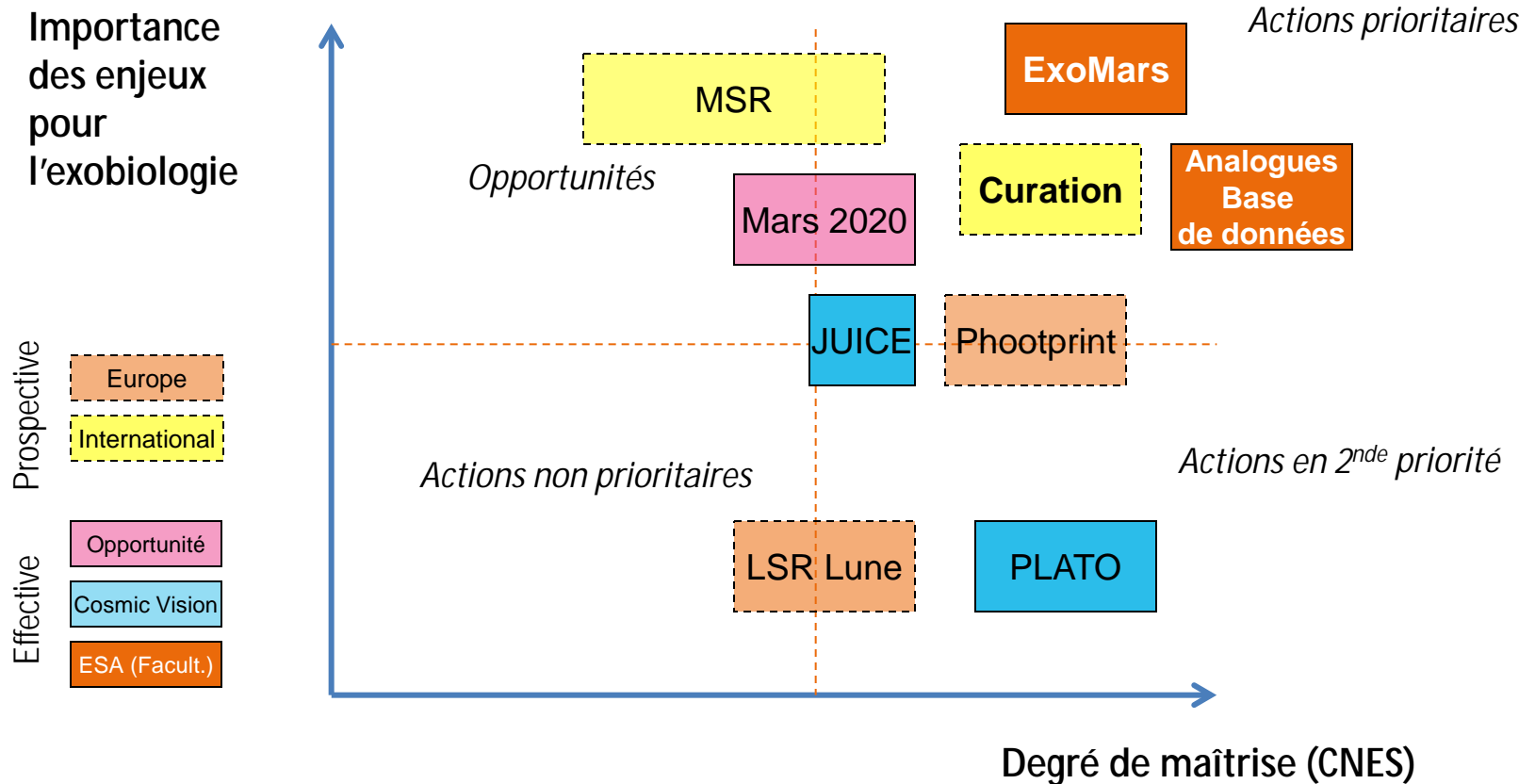
Importance  
des enjeux  
pour  
l'exobiologie



Degré de maîtrise (CNES)



# Synthèse stratégique à moyen terme





# Recommandations GT Exobiologie

1. Réussir Exomars 2016-2018 dans sa nouvelle configuration
2. Favoriser la création d'un programme scientifique pluridisciplinaire (chimie, astronomie, biologie, géologie, planétologie...)
3. Préparer les missions de retour d'échantillons martiens et de petits corps primitifs du système solaire (ESA MREP-2, Mars 2020, Phootprint, Hayabusa II, OSIRIS-REx...).
4. Poursuivre et accélérer la spatialisation de la spectrométrie de masse à haute résolution (Orbitrap)
5. Soutenir les communautés d'exobiologie et de planétologie fortement investies dans les missions Cassini-Huygens et Rosetta
6. Poursuivre les études sur la spatialisation de moyens d'analyse in situ (RPE, Lithospace, HPLC)
7. Encourager le développement d'une facilité de caractérisation préliminaire et de curation d'échantillons extraterrestres (Hayabusa II, OSIRIS-Rex, MSR).
8. Echantillons de référence et de standards analytiques (analogues naturels ou artificiels de matériaux extraterrestres) et leurs bases de données associées.
9. Poursuivre le soutien aux expériences d'exposition de M.O. en orbite (ISS) et en laboratoire
10. Organiser une réflexion élargie sur les biosignatures spectroscopiques des exoplanètes (PLATO, Hubble, JWST...).

