

GROUPE THÉMATIQUE SYSTÈME SOLAIRE

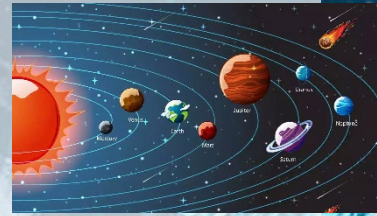
PROSPECTIVE – SPS 2024

Bonal Lydie, Carter John, Charnoz Sébastien, Cousin Agnès , Fûri Evelyn, Garcia Raphaël,
Groussin Olivier, Langlais Benoît, Le Gall Alice, Morbidelli Alessandro (Président),
Quantin Cathy, Rocard Francis (Thématicien), Vinatier Sandrine

Rappel : Les grandes questions scientifiques en planétologie

QI. Quelle est l'origine du Système solaire ?

Ce sont essentiellement les 100 premiers millions d'années du Système solaire dont il est question ici, depuis la formation des premiers solides, il y a 4,567 milliards d'années lors de la formation du disque protoplanétaire, jusqu'à l'acquisition de l'architecture actuelle de notre système planétaire. Un objectif fondamental est de comprendre quelles sont les causes, peut-être contingentes, qui ont donné au Système solaire une structure si atypique parmi les systèmes extrasolaires observés.



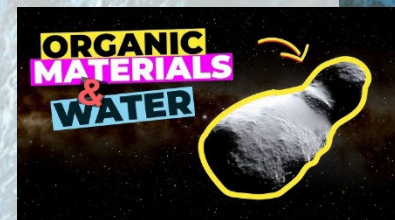
QII. Quelle a été l'évolution et quelles sont les propriétés actuelles des corps du Système solaire?

Il s'agit ici de retracer les chemins d'évolution, distincts pour chaque corps, qui ont créé les disparités de caractéristiques physico-chimiques entre les planètes et aussi parmi leurs satellites. Une des questions centrales pour les planètes telluriques concerne la divergence évolutive entre Vénus, la Terre, et Mars.



QIII. Où se trouvent les environnements habitables et comment sont-ils apparus/disparus?

Ces questions sont partagées avec l'exobiologie et sont donc aussi discutées au sein du groupe E2P2. Dans le cadre de la formation et évolution du Système solaire, on s'intéresse surtout aux origines de la matière organique et de l'eau et aux mécanismes et environnements permettant leur incorporation dans les planètes telluriques.



Panorama actuel

Plusieurs nouvelles missions sont engagées, classées ici selon la question principale qu'elles adressent:

QI - Origine du Système solaire :

MMX (2026, origine lunes de Mars), Comet Interceptor (2030, comète nouvelle et primordiale)

QII – Évolution et propriétés :

BepiColombo (arrivée fin 2026, Mercure), EnVision & VERITAS (2031, Vénus), FSS (2026, structure interne de la Lune par sismo), Hera (2024, structure lune d'astéroïde)

QIII – Environnements habitables :

MSR (2030 ?, Mars), JUICE (arrivée 2031, Ganymède, Europe), Europa Clipper (Octobre 2024, Europe), Dragonfly (2028, Titan), ExoMars Rover Rosalind Franklin (2028, Mars)

Ces missions ne seront pas mentionnées dans les slides suivantes sur la prospective qui se focalise propositions de missions nouvelles (à l'exception de MSR et ExoMars, par leurs incertitudes)



bepicolombo



Des questions – des nouvelles observations pour y répondre

Q1. Quelle est l'origine du Système solaire ?

- Formation des géantes glacées : structure interne de Uranus ou Neptune *par champ de gravité*, enrichissements chimiques de l'atmosphère et anomalies isotopiques par rapport au gaz solaire, par *sonde de rentrée* (Majeur)
- Origine des comètes : *analyses in situ* et/ou *retour d'échantillons* (cryogéniques ou pas) pour propriétés chimiques et isotopiques, ou morphologiques en profondeur (Substantiel)
- Origine des comètes de la ceinture principale : astéroïdes ayant préservé la glace ou comètes capturées ? *Mesures isotopiques in situ des éléments volatiles* (Substantiel)
- Origine de l'atmosphère de Vénus : *retour d'un échantillon* pour l'étude des gaz rares (Substantiel/Modéré)
- Hétérogénéité de la matière :
 - *Retour d'échantillons* d'un astéroïde d'une classe non liée à des météorites connues (Modéré)
 - *Récolte de poussières* astéroïdales et/ou cométaires dans la stratosphère (Modéré)
- Origine de Saturne: analyse des propriétés chimiques et isotopiques de son atmosphère par *sonde de rentrée* (Modéré)

Des questions – des nouvelles observations pour y répondre

QII. Quelle a été l'évolution et quelles sont les propriétés actuelles des corps du Système solaire ?

- Structure interne de la Lune : *réseau sismique* (Substantiel)
- Structure interne du géocroiseur Apophis : *radar sondeur et sismologie* (Substantiel)
- Propriétés du régolithe lunaire : *radar sondeur et/ou μ LIBS sur rover* (Modéré)
- Structure interne de Vénus : *sismologie via airglow ou ballons atmosphériques* (Modéré)
- Echappement atmosphérique de Vénus : *mission type MAVEN* (Modéré)

Des questions – des nouvelles observations pour y répondre

QIII. Où se trouvent les environnements habitables et comment sont-ils apparus/disparus ?

- Rappel du fort soutien à la poursuite du programme MSR et à la finalisation d'ExoMars Rover Rosalind Franklin
- Exploration d'Encelade : structure interne, caractérisation de l'océan, inventaire des éléments CHNOPS et prébiotiques, recherche de biosignatures (Majeur)
- Etude de la matière organique, supposée provenir de l'intérieur de Cérès : *Analyse in situ* (Substantiel)

Besoins de R&T

Filières instrumentales d'excellence	Sismomètres
	Spectro-imageurs IR et UV
	Radars sondeurs
	Libs
	Méthodes d'analyse chimique in situ (GC, HPLC, HRMS)
	Microphones
Nouvelles filières	Géophones
	Néphélomètre
	Spectroscopie TeraHz/submm
	Spectroscopie IR in-situ

Tableau récapitulatif

Objectif	Priorité	Question	Exemple de cadre/concept
Uranus	Majeure	QI/QII	Decadal. Collaboration NASA-ESA Contribution européenne sonde rentrée
Encelade	Majeure	QIII/Q1/QII	Voyage2050 L4
Sismologie lunaire	Substantielle	QII	SPSS, Mission ISRO, Argonaute
Structure d'Apophis	Substantielle	QII	RAMSES (géophones)
Retour d'échantillon cométaire	Substantielle	QI	Collaboration NASA-ESA (Caesar, Corsair)
Comètes de la ceinture principale	Substantielle	QI	Ex. Castalia
Cérès	Substantielle	QIII	Ex. . Calico, NASA New Frontier
Retour d'échantillon de l'atmosphère Vénus	Subst/Modérée	Q1	Ex. Vatmos
Propriétés du régolithe lunaire	Modérée	QII	Radar sondeur ou μ LIBS sur rover (Rashid2?)
Vénus: Sismologie et Echappement atmosphérique	Modérée	QII	Ballons NASA our airglow par nanosat, Mission type MAVEN
Sonde de rentrée dans Saturne	Modérée	QI	En combinaison avec mission ESA L4?
Recherche matière "exotique"	Modérée	QI	Retour d'échantillons d'astéroïdes non-associés à météorites, BESAFE/STRATOPART/Medor+
Distribution matière organique sur Mars	Modérée	QIII	Par drone (NASA) ou opportunité (Tianwen-3)