

**Groupe Thématique
Exobiologie, Exoplanètes et Protection Planétaire**

Bilan depuis la prospective 2019

Président : Cyril Szopa

Thématicien CNES : Christian Mustin

**Membres : Jean-Philippe Beaulieu, Anthony Boccaletti, Nicolas Fray, Kamila Muchowska,
Cédric Pilorget, Céline Pisapia, Eric Quirico, Barbara Schoepp-Cothenet,
Véronique Vuitton, Franck Selsis**

Grands questionnements scientifiques actuels

Exoplanètes : diversité et évolution des systèmes exoplanétaires

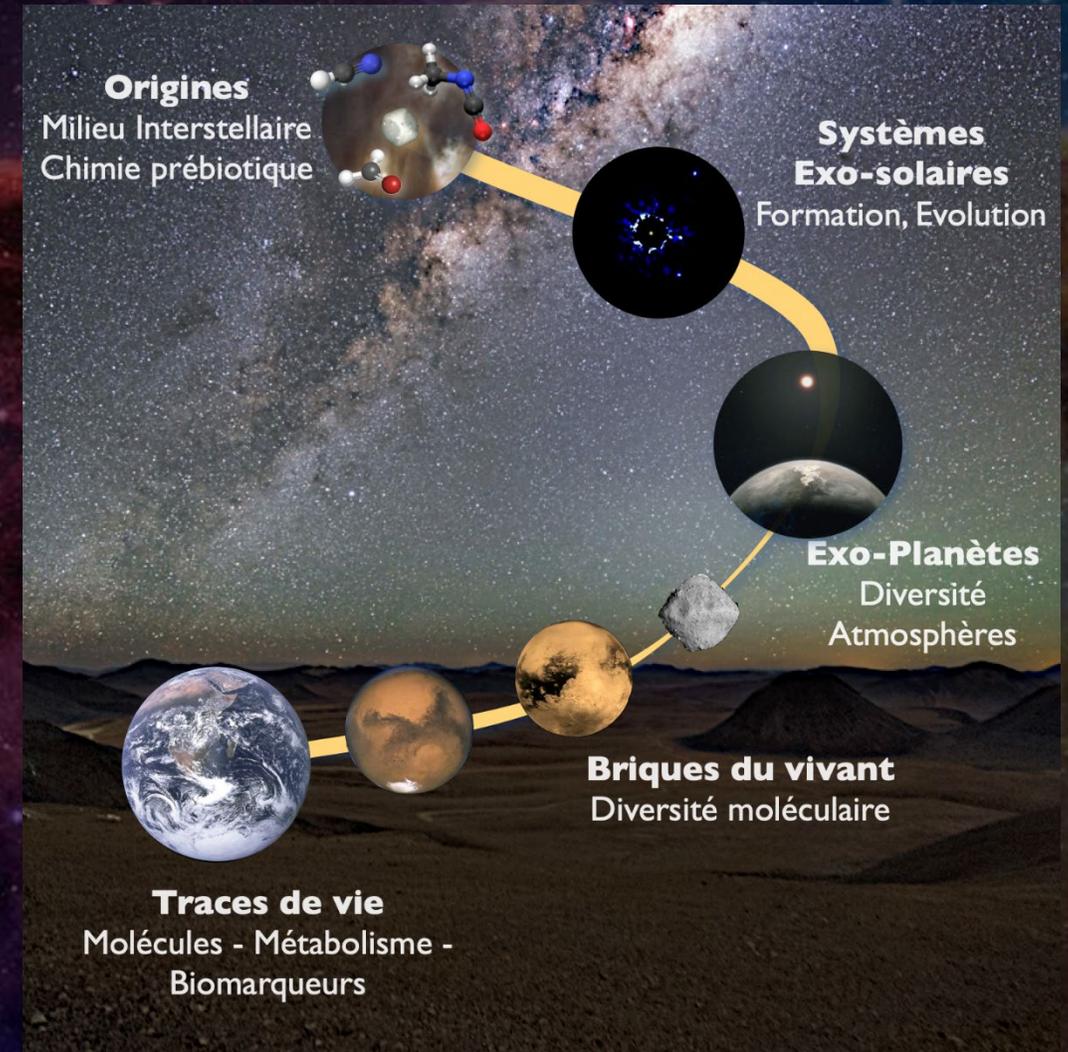
- Contraindre les modèles de formation et de climat des exoplanètes

Exobiologie : habitabilité des exomondes, niches écologiques

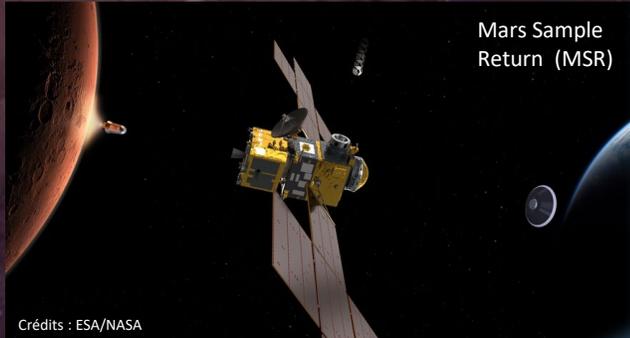
- Chercher les environnements favorables au passage d'une chimie organique simple à des systèmes organisés, et au maintien de la vie – Écologie planétaire

Protection Planétaire

- Définir et prévenir les contaminations organiques et le risque biologique
→ Acceptation politique et responsabilité sociale



Priorités scientifiques du SPS 2019



01

Collecter, rapporter et analyser des échantillons de la surface de Mars sur Terre

02

Détecter et caractériser des systèmes exoplanétaires

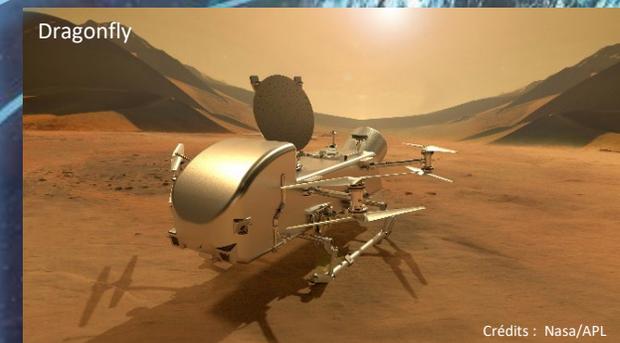


03

Rechercher la matière organique dans le système solaire et contraindre les processus associés

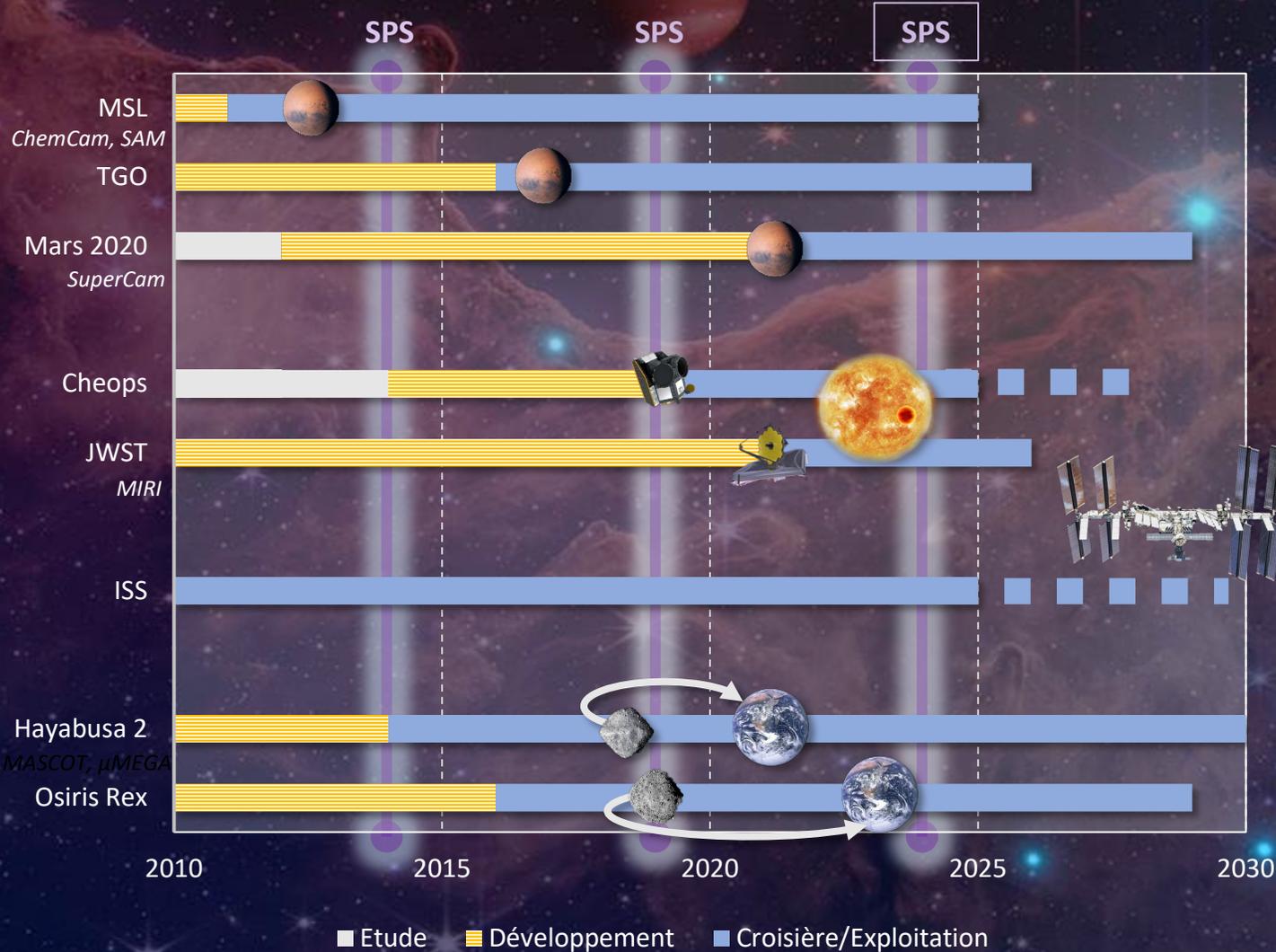
04

Déterminer les conditions d'habitabilité des objets du système solaire et des systèmes exoplanétaires



Missions en exploitation sur la période 2019-2024 en soutien aux objectifs E2P2

Missions
 Instruments à contribution française



Mars



Exoplanètes

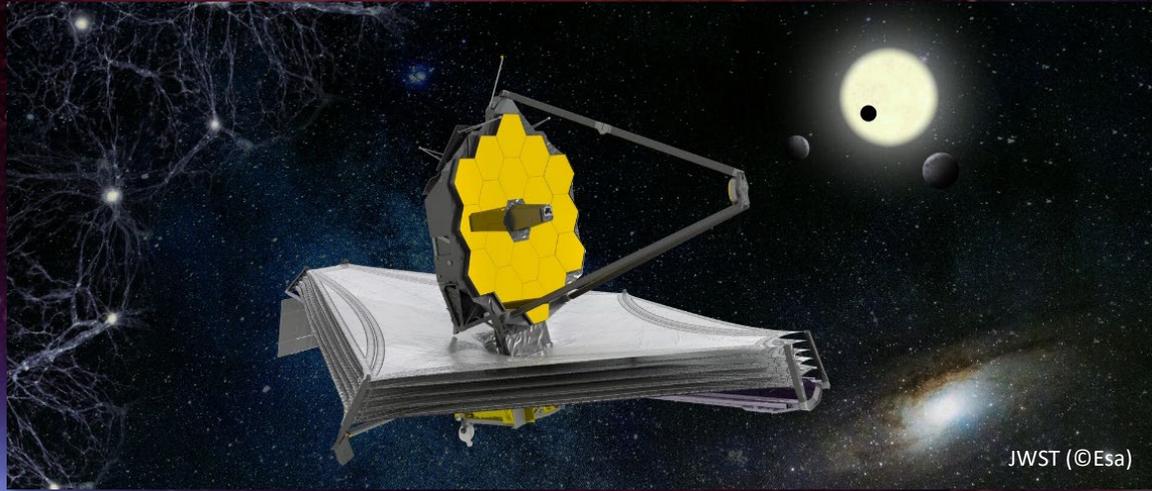


Exposition
 Orbite basse

Astéroïdes
 carbonés

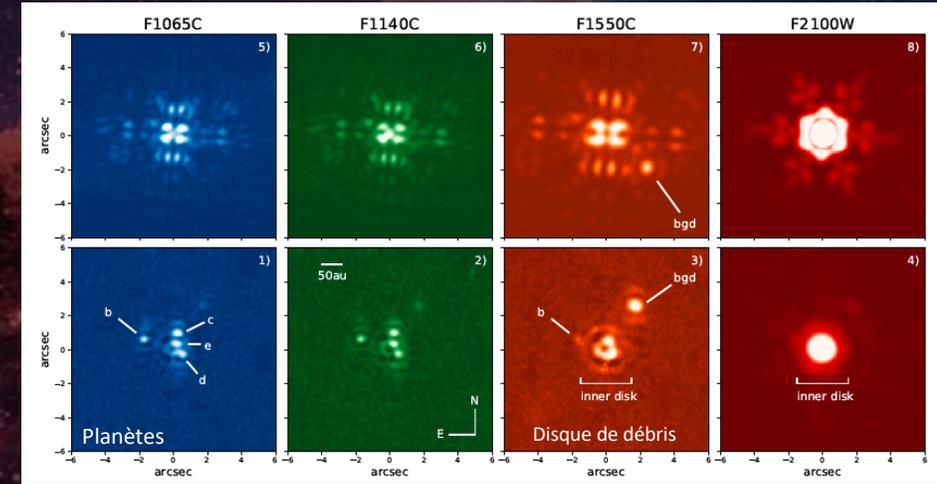


Avancées scientifiques : le JWST tourné vers les exoplanètes



Détection d'exoplanètes par coronagraphie dans le système HR 8799 avec le spectromètre Infrarouge Miri (Mid Infra Red Instrument)

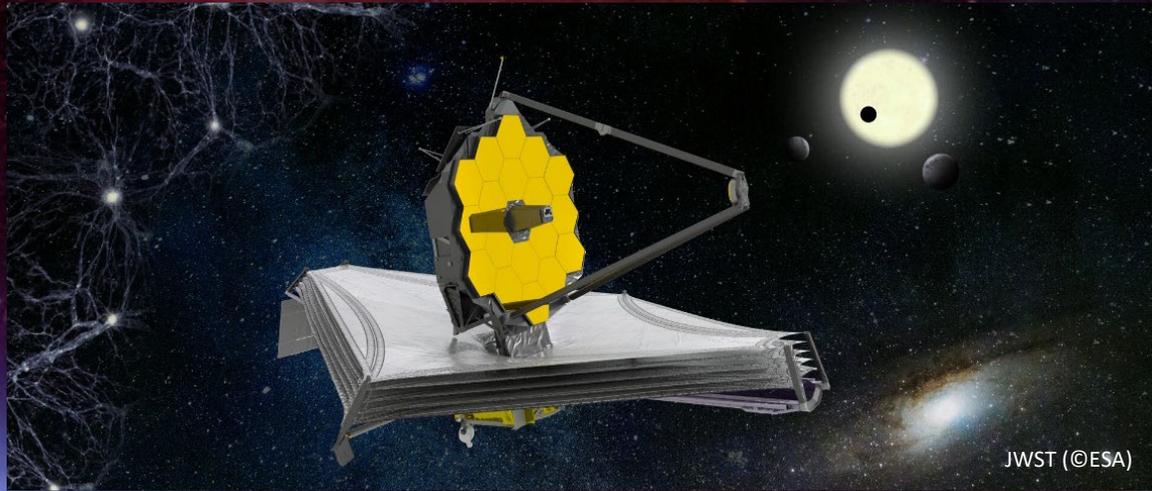
- Amélioration de la détermination des rayons et températures d'exoplanètes
- Observation possible à haute résolution des disques de débris internes
- Détection de signatures atmosphériques et caractérisation de la composition chimique avec une grande sensibilité (mise en évidence d'une chimie atmosphérique pour la première fois)



Images du système d'exoplanètes HR 8799 obtenues avec le coronographe de Miri

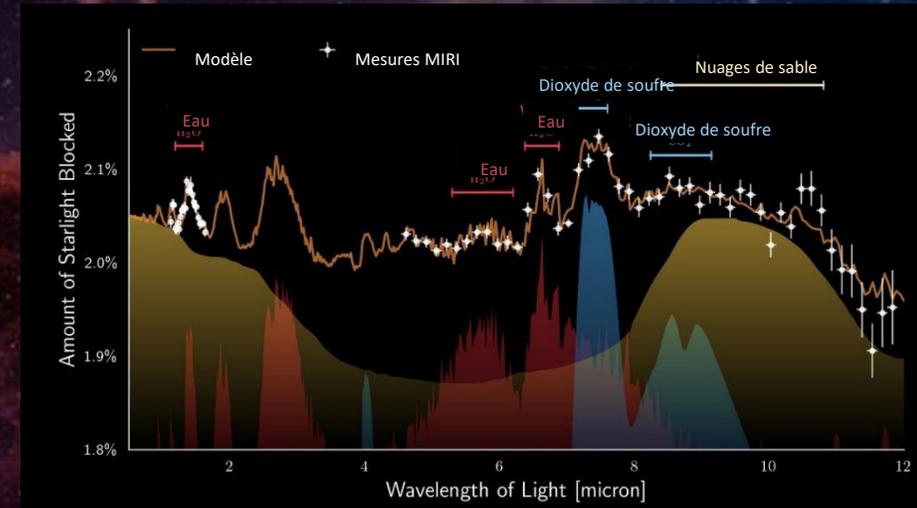


Avancées scientifiques : le JWST tourné vers les exoplanètes



Détection d'exoplanètes par coronagraphie dans le système HR 8799 avec le spectromètre Infrarouge Miri (Mid Infra Red Instrument)

- Amélioration de la détermination des rayons et températures d'exoplanètes
- Observation possible à haute résolution des disques de débris internes
- Détection de signatures atmosphériques et caractérisation de la composition chimique avec une grande sensibilité (mise en évidence d'une chimie atmosphérique pour la première fois)



Spectre infrarouge de l'atmosphère de l'exoplanète Wasp-107b observée avec l'instrument MRS-Miri et meilleur ajustement par modélisation



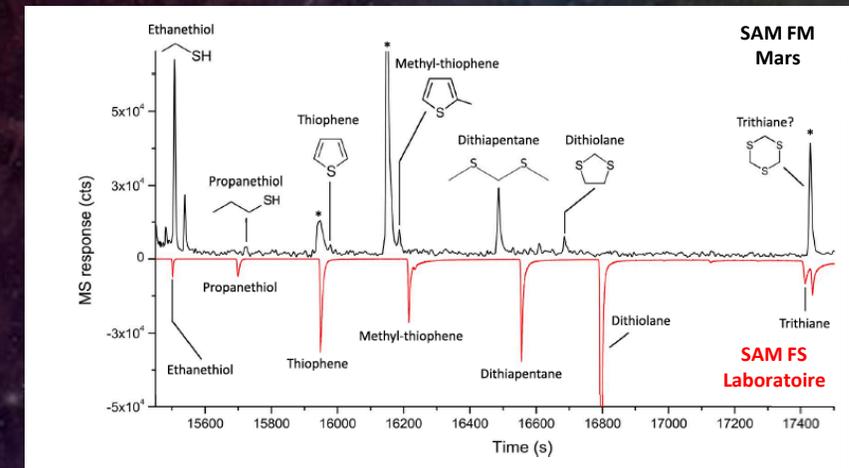
Avancées scientifiques : l'habitabilité de la surface de Mars

Curiosity : 12 ans d'exploration du cratère Gale

- Poursuit la mise en évidence d'indices d'habitabilité
- Evidence d'un climat cyclique sec/humide passé favorable à la chimie prébiotique
- Peu de matière organique et indices de maturation



Indices géomorphologiques d'un climat cyclique sec/humide

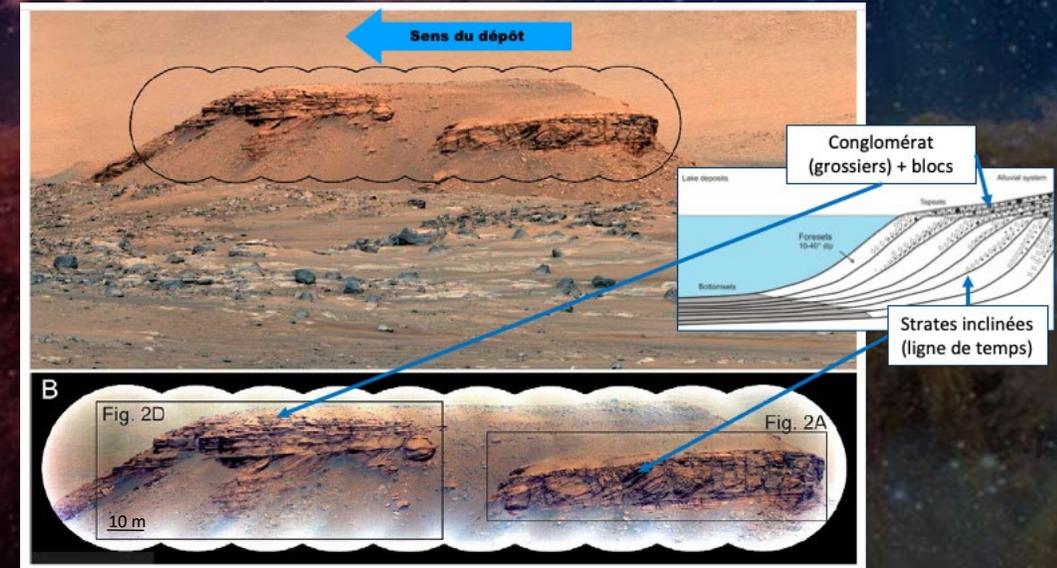


Molécules organiques soufrées détectées dans un échantillon prélevé sur le site Glen Torridon

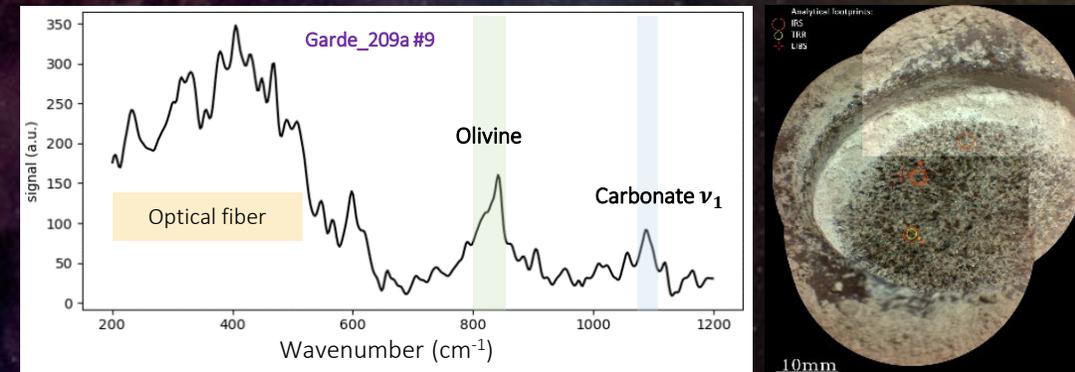
Avancées scientifiques : l'habitabilité de la surface de Mars

Perseverance : 3 ans d'exploration du cratère Jezero

- Confirmation de l'existence d'un delta fluvial ancien dans le cratère
- Détection de carbonates sur la formation deltaïque
- 25 échantillons prélevés en vue du retour d'échantillons de Mars (mission Mars Sample Return)



Photos de la butte Kodiak montrant l'histoire complexe de l'eau liquide dans le cratère Jezero

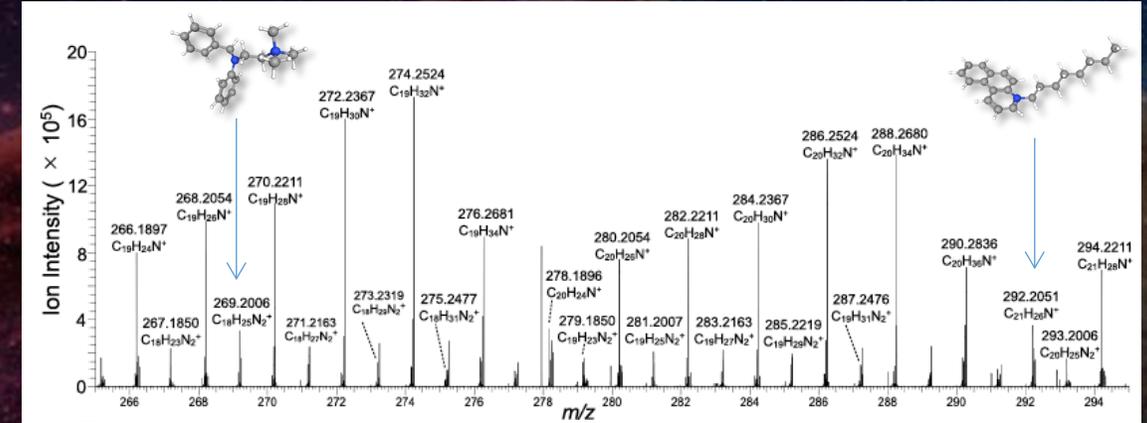


Détection de carbonates par spectrométrie Raman

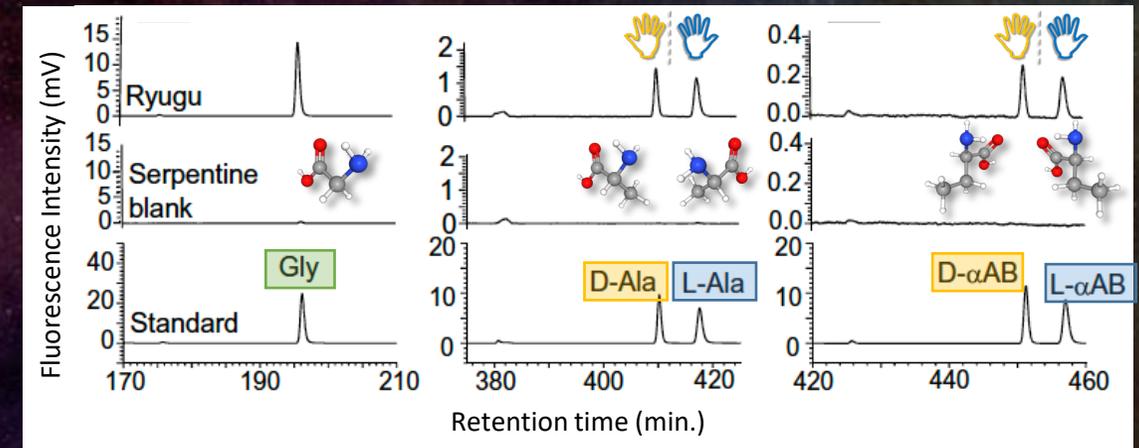
Avancées scientifiques : la matière organique des petits corps

Hayabusa 2 : des échantillons d'un astéroïde carboné (Ryugu) ramenés et analysés sur Terre

- Richesse en molécules organiques. Diversité semblable à celles des météorites carbonées mais plus étendue
- Énantiomères de chaque acide aminé détecté en quantité équivalente (racémique) ce qui exclut une contamination terrestre
- Pas d'altération de surface observée (pas de dégradation liée aux conditions spatiales/rayonnement ou entrée atmosphérique pour les météorites)



Détection de molécules organiques dans un grain de l'astéroïde Ryugu



Mesures du rapport quantitatif des deux énantiomères (D/L) d'acides aminés détectés dans les échantillons de Ryugu

Missions en développement sur la période 2019-2024 en soutien aux objectifs E2P2

Missions	Objet(s) visé(s)	Lancement prévu	Objectifs
Plato (Esa/CV-M3)	Exoplanètes	2026	<ul style="list-style-type: none"> Détecter des Exo-terres autour d'étoiles de type solaire
Ariel (Esa/CV-M4)	Exoplanètes	2029	<ul style="list-style-type: none"> Identifier la composition des atmosphères d'exoplanètes
MMX (Jaxa)	Phobos Mars	2026	<ul style="list-style-type: none"> Clarifier l'origine des lunes de Mars et de l'évolution du système Mars et ses satellites
Exomars rover (Esa-Nasa/HRE)	Mars	2028	<ul style="list-style-type: none"> Rechercher <i>in situ</i> des traces de vie dans le proche sous-sol de Mars (site <i>Oxia planum</i>)
Mars Sample Return (Nasa-Esa/HRE)	Mars	N/A	<ul style="list-style-type: none"> Ramener des échantillons de roches et de sol de Mars d'intérêt pour l'exobiologie (vie)
Juice (Esa/CV-L1)	Système de Jupiter	2023	<ul style="list-style-type: none"> Rechercher des mondes glacés/océan habitables dans le système solaire externe
Dragonfly (Nasa)	Titan	2028	<ul style="list-style-type: none"> Analyser les composants chimiques d'intérêt exobiologique Contraindre les processus de mélanges de matières organiques avec d'anciens réservoirs d'eau liquide



+ Roman Space Telescope (Nasa)



Merci !

Evolution des facteurs structurants pour la communauté scientifique

Historiquement

...Récemment

