

L'EXO BIOLOGIE: passé, présent, futur

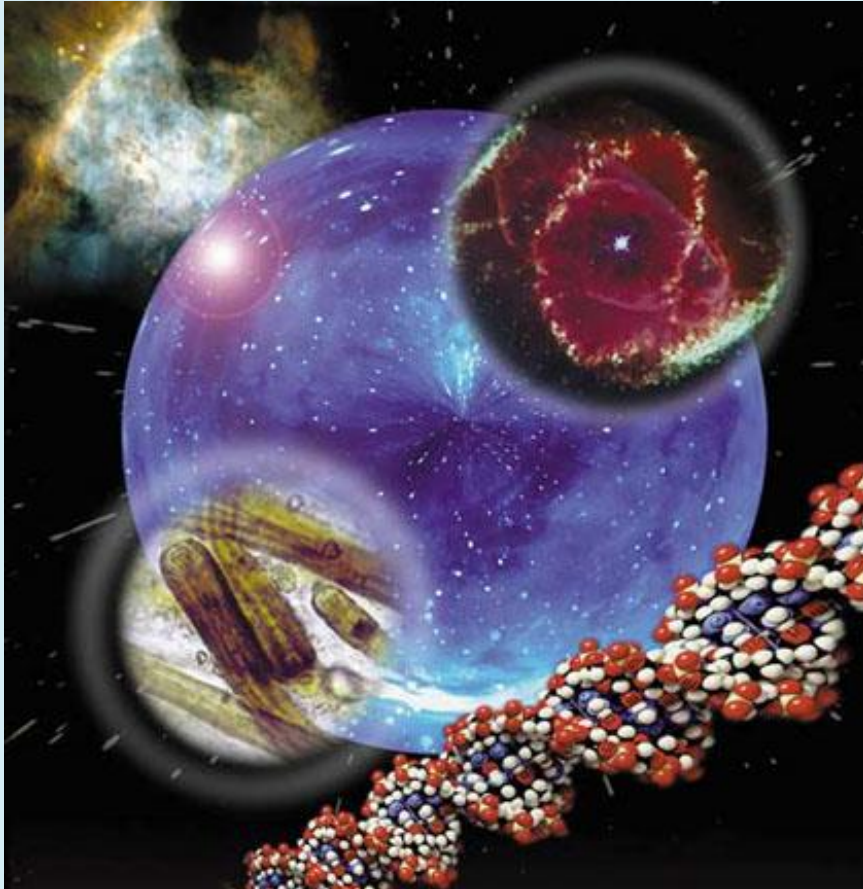
François Raulin

LISA, UMR CNRS 7583, UPEC/UPD/IPSL, Créteil

Florence Raulin Cerceau

Muséum National d'Histoire Naturelle,
Centre Alexandre Koyré, CNRS/EHESS/MNHN-
UMR 8560, Paris

L'exobiologie introduite dans les années 1960 désignait plus spécifiquement le domaine consacré à l'étude de la vie extraterrestre.



Ce domaine s'est largement étendu depuis et correspond aujourd'hui de façon générale à l'étude de la vie dans l'univers.

L'exobiologie (ou astrobiologie) est donc une science récente. Elle comprend à présent l'étude de l'origine, la distribution et l'évolution de la vie dans l'Univers, ainsi que celle des processus et structures liés au vivant.

LES PREMIERS PAS DE L'EXOBILOGIE

1/

- PREMIERS PROJETS D'EXPLORATION SPATIALE
4 octobre 1957, lancement du premier Spoutnik
- PROBLÈMES DE CONTAMINATION, dans le cadre de la préparation de missions lunaires ou planétaires

LES PREMIERS PAS DE L'EXO BIOLOGIE

2/

- **NAISSANCE DE L'EXO BIOLOGIE : JOSHUA LEDERBERG, 1961**
 - => Le généticien et microbiologiste américain (Nobel en 1958) Joshua Lederberg (1925-2008) travaille avec le COSPAR (Committee on Space Research) afin d'établir des protocoles de stérilisation des vaisseaux spatiaux.
 - => C'est surtout la question des échantillons lunaires et martiens qui est discutée.
 - => Lederberg lance le terme « Exobiology », suite à une conférence donnée au COSPAR, dans un article paru en 1960.



Exobiology: Approaches to Life beyond the Earth

Joshua Lederberg

It is a privilege to discuss some basic problems in biology with an audience whose special concern is for the recent striking advances in the physics of the earth in the solar system. However, many of us are looking forward to the close investigation of the planets, and few inquisitive minds can fail to be intrigued by what these studies will tell of the cosmic distribution of life. To conform to the best of our contemporary science, much thoughtful insight,

meticulous planning, and laboratory testing must still be invested in the experimental approaches to this problem. This may require international cooperation and also—perhaps more difficult—mutual understanding among scientific disciplines as isolated as biochemical genetics and planetary astronomy.

Many discussions of space exploration have assumed that exobiological studies might await the full development of the technology for manned space flight and for the return of planetary samples to the terrestrial laboratory. To be sure, these might be preceded by some casual experiments on some instrumented landings. One advantage of such a program is that time would allow exobiological experi-

ments to be planned with composure and deliberation. Undoubtedly, this planning would be more rigorous insofar as it was based on improved knowledge, from closer approaches, of the chemistry and physics of planetary habitats. Unfortunately, this orderly and otherwise desirable program takes insufficient account of the capacity of living organisms to grow and spread throughout a new environment. This unique capacity of life which engages our deepest interest also generates our gravest concerns in the scientific management of missions beyond the earth. On account of these, as well as of the immense costs of interplanetary communication, we are obliged to weigh the most productive experiments that we can do by remote instrumentation in early flights, whether or not manned space flight eventually plays a role in scientific exploration.

Motivations for Exobiological Research

The demons which lurk beyond the Pillars of Hercules have colored the folklore and literature of ages past and present, not always to the benefit of fruitful exploration and dispassionate scientific analysis. Apart from such adventuresome amusements and the amateur delights of a cosmically en-

The author is professor of genetics at Stanford University Medical Center, Palo Alto, Calif. This article is adapted from a paper presented 13 January 1960 at the 1st International Space Science Symposium, Nice, France—a symposium sponsored by the Committee for Space Research of the International Council of Scientific Unions. The article will appear as chapter IX of the Space Science Board's copyrighted report-in-progress on "Science in Space," and is published here by permission of the National Academy of Sciences.

LES PREMIERS PAS DE L'EXOBILOGIE

3/

LES EXPÉRIENCES D'EXOBILOGIE DE VIKING (1976) :

- Le projet Viking débute en 1968 alors que la course à la Lune bat son plein. Un des buts majeurs de cette mission est d'envoyer deux sondes spatiales pour rechercher des traces de vie sur la surface martienne.
- CARL SAGAN (1934-1996) : Sagan réussit à mobiliser l'opinion sur l'intérêt d'expériences d'exobiologie embarquées dans les sondes spatiales vers Mars.



UNE SCIENCE QUI SE STRUCTURE

1/

La communauté exobiologique existait en fait dès les années 1950, quand a commencé à émerger une nouvelle thématique : la chimie « prébiotique ».

- L'ISSOL

Fin des années 1950 : une société savante internationale est créée qui couvre tous les domaines liés à l'origine de la vie : l'ISSOL International Society for the Study of the Origin of Life, avec une forte participation française.

Le premier trésorier était d'ailleurs un Français : René BUVET

(1 autre Français en fut Président, ds les années 1990 : André BRACK)

Conférence internationale (ICOL) tous les 3 ans

Prix (Oparin/Urey Medal ; ISSOL Fellows)



ICOL 1996, Orléans - André BRACK Président de l'ISSOL

UNE SCIENCE QUI SE STRUCTURE

2/

- LE COSPAR et l'IAU

L'exo/astrobiologie est aussi présente depuis la fin des années 1960 dans les commissions scientifiques du COSPAR et de l'IAU

- Introduction du terme « Bioastronomie » par les astrophysiciens dans les années 1980 => Commission 51 de l'IAU (SETI)
- La sous-commission F3 du COSPAR « Planetary Biology and Origins of Life » devient « Astrobiology » en 2004

- Aux USA et en Europe

Depuis les années 1990 les communautés exo/astrobiologiques se sont structurées dans de nombreux pays: création du NAI en 1998 aux USA, du GDR CNRS Exobio en 1999 en France, puis le CAB, etc..

Au niveau européen, l'EANA en 2001 (André BRACK le 1er Président et Frances Westall actuelle Présidente), soutenu par l'ESA.

DÉMARRAGE ET DÉVELOPPEMENT EN FRANCE

1/

- En France outre la participation à l'ISSOL, la thématique exobiologie est reconnue par le CNES dès les années 1970, du fait des expériences en orbite terrestre. Elle fait alors partie du domaine des sciences de la vie.



René Buvet (ISSOL)

Les initiateurs



Hubert Planel (CNES)

DÉMARRAGE ET DÉVELOPPEMENT EN FRANCE

2/

- Dès les années 1970, plusieurs équipes travaillent sur l'origine de la vie (« Biogenèse » : René Buvet, Charles Sadron, Jean Orcel, Bernard Pullmann, ..)
- Incitation des (très) jeunes chercheurs à aller aux USA (Brack => Orgel; Raulin => Sagan, puis Ponnampéruma)
- Implication de la recherche spatiale: expériences d'irradiation en orbite basse, missions d'exploration planétaire
- La thématique Exobiologie reconnue par le CNES
 - => sciences de la vie: fin des années 1970
 - => puis l'exploration de l'univers années 1980

DÉMARRAGE ET DÉVELOPPEMENT EN France

3/

- Premier colloque National d'Exobiologie en 1997
- GDR Exobio crée en 1998 (appui SDU & CNES)
 - Fédération d'équipes => promouvoir et coordonner le développement de programmes en Exo/Astrobiologie en France
 - Concernait environ 50 laboratoires
 - Soutenu par le CNRS et le CNES
 - Nombreux ateliers
 - Une école d'été tous les 2 ans (Propriano)
 - Un colloque National d'Exobiologie tous 4 ans
- GDR Exobio renouvelé en 2002 et 2006 => 2008

DÉMARRAGE ET DÉVELOPPEMENT EN France

4/

- Un groupe thématique du CNES d'Exo/astrobiologie depuis 2004
 - => Analogue pour l'Exobiologie des groupes Astro et Système Solaire
 - => plusieurs réunions annuelles
 - => un AO annuel
 - => participation à la prospective du CNES
- Un Programme Interdisciplinaire du CNRS : Origine des Planètes et de la Vie (PID OPV) créé au 1/2007
 - => budget de 500 k€ / an
 - => large participation (MPPU, SC, SDV, SHS,..)
- Prolongé en 2010 par le programme "Environnement Planétaire et Origines de la Vie" (PIR EPOV). Colloque de restitution fin 2012.

DÉMARRAGE ET DÉVELOPPEMENT EN FRANCE

5/

- **GDR Exobio CNRS structure temporaire 1998- 2008**
=> nécessité d' une structure pérenne
- **SFE, Société Française d' Exobiologie**
 - Société créée en mai 2009 (reconnue comme Société savante la même année)
 - Statut d' association 1901
 - Siège à l' Obs. Aquitain des Sciences de l' Univers
 - a largement participé à la fusion de l'ICOL et de Bioastronomie (« ORIGINS » **MERCI** Muriel & Robert))

<http://www.exobiologie.fr/>



LES DIFFÉRENTES APPROCHES

1/

Aujourd'hui l'Exobiologie s'appuie sur de nombreuses approches telles que:

- l'étude de l'origine de la vie sur Terre incluant chimie prébiotique, systèmes autoréplicatifs, homochiralité, ..
- l'étude de la chimie organique extraterrestre,
- la recherche in situ de trace de vie présentes ou passées
- SETI

Elle est présente dans de nombreuses missions spatiales

- en cours : Cassini-Huygens, Rosetta, MSL, missions en orbite basse etc..
- en préparation : ExoMars, MSL2020, JUICE etc..

LES DIFFÉRENTES APPROCHES SPATIALES

2/

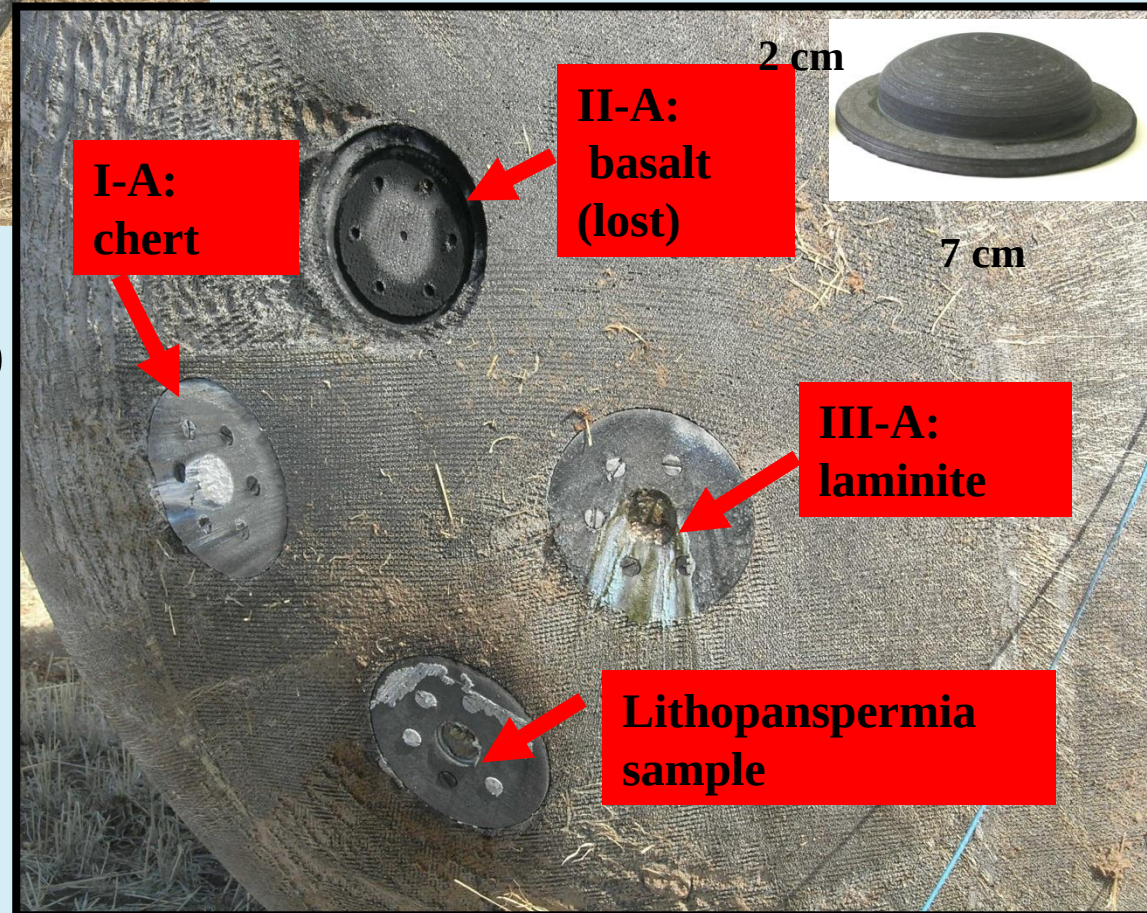
- MISSIONS EN ORBITE BASSE:
Stone, Expose etc
- L'EXPLORATION DU SYSTÈME SOLAIRE, LES CORPS D'INTÉRÊT EXOBIOLOGIQUE :
Mars, Titan, Europe, Encelade, les comètes...
- AU DELA DU SYSTÈME SOLAIRE

Stone 6 launched 12 September 2007 from Baikonour, landed 26 September in Kazakhstan

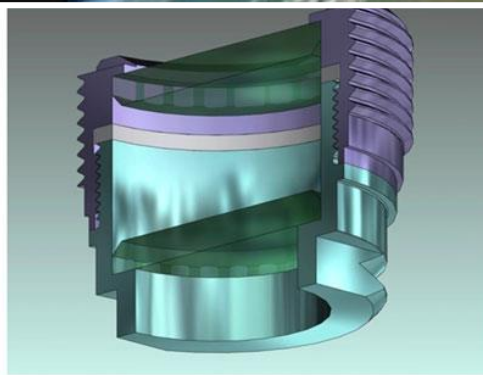
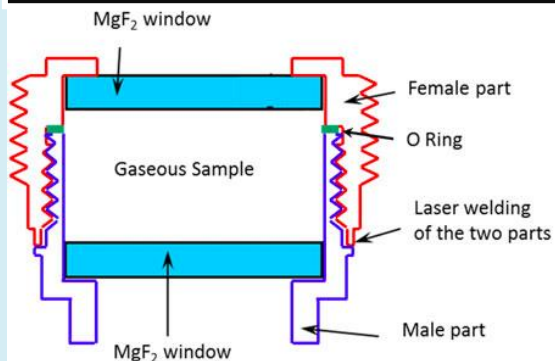


- Entry speed 7.6 km/sec
- Meteorite entry speeds 12-20 km/sec
- More prolonged heating (heating reached $> 2000^{\circ}\text{C}$; Evidence from melted glass and transformation of ZrSiO_2 space cement to ZrO_2 and SiO_2)

Crédit: Frances Westall

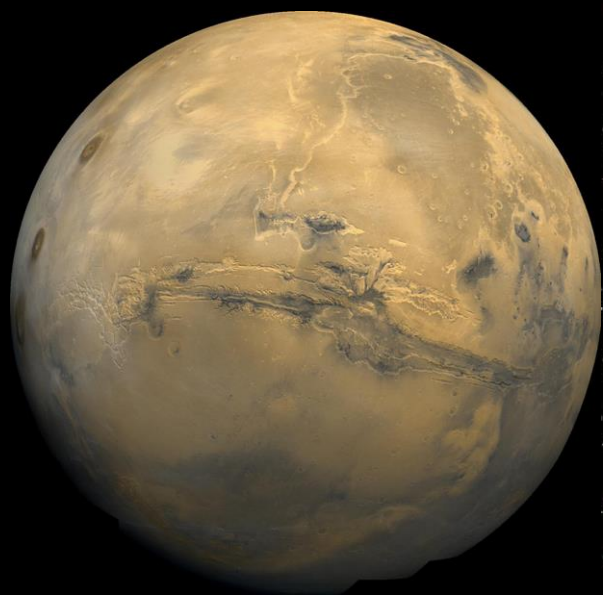


Exposition de molécules organiques en orbite basse

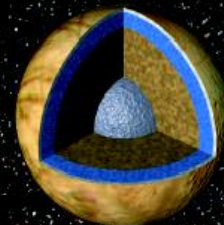


Cf. par exemple
Carrasco et al.,
Int. J. Astrobiology,
doi:10.1017/S147355
0414000238 (2014)

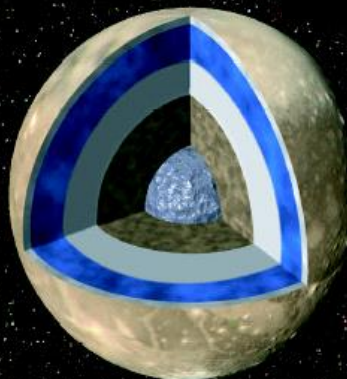
	Lancement	Durée d'exposition
UVOLEX	14 Septembre 2007	12 jours
PROCESS	Février 2008	1.5 an
AMINO	Mars 2009	2 ans
PSS	Juillet 2014	~ 18 mois



Mars



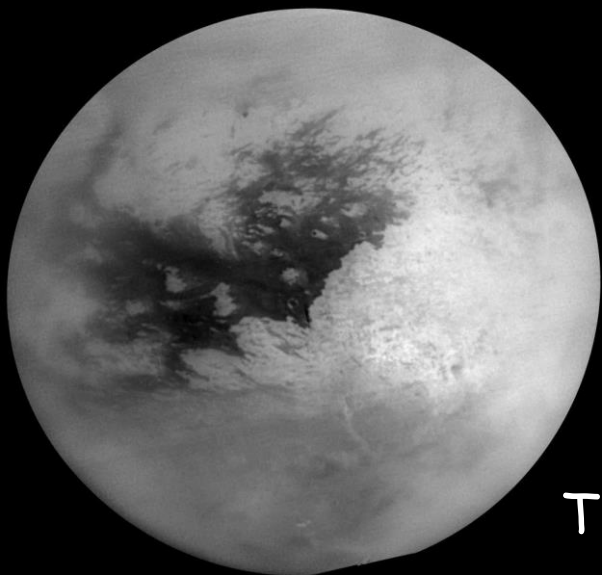
Europa



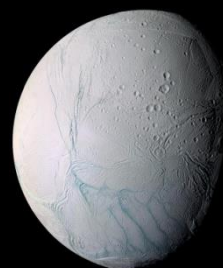
Ganymede



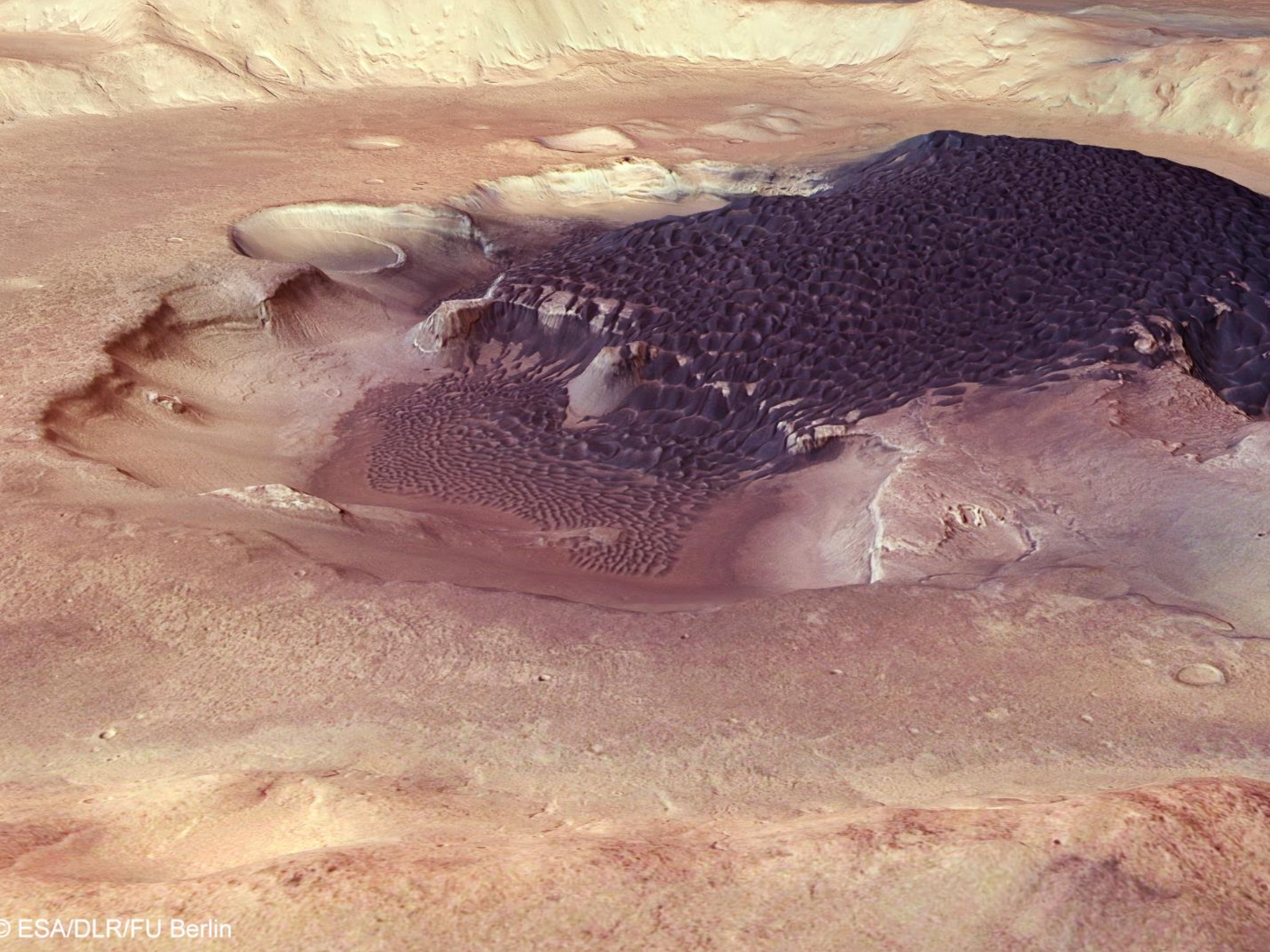
Callisto

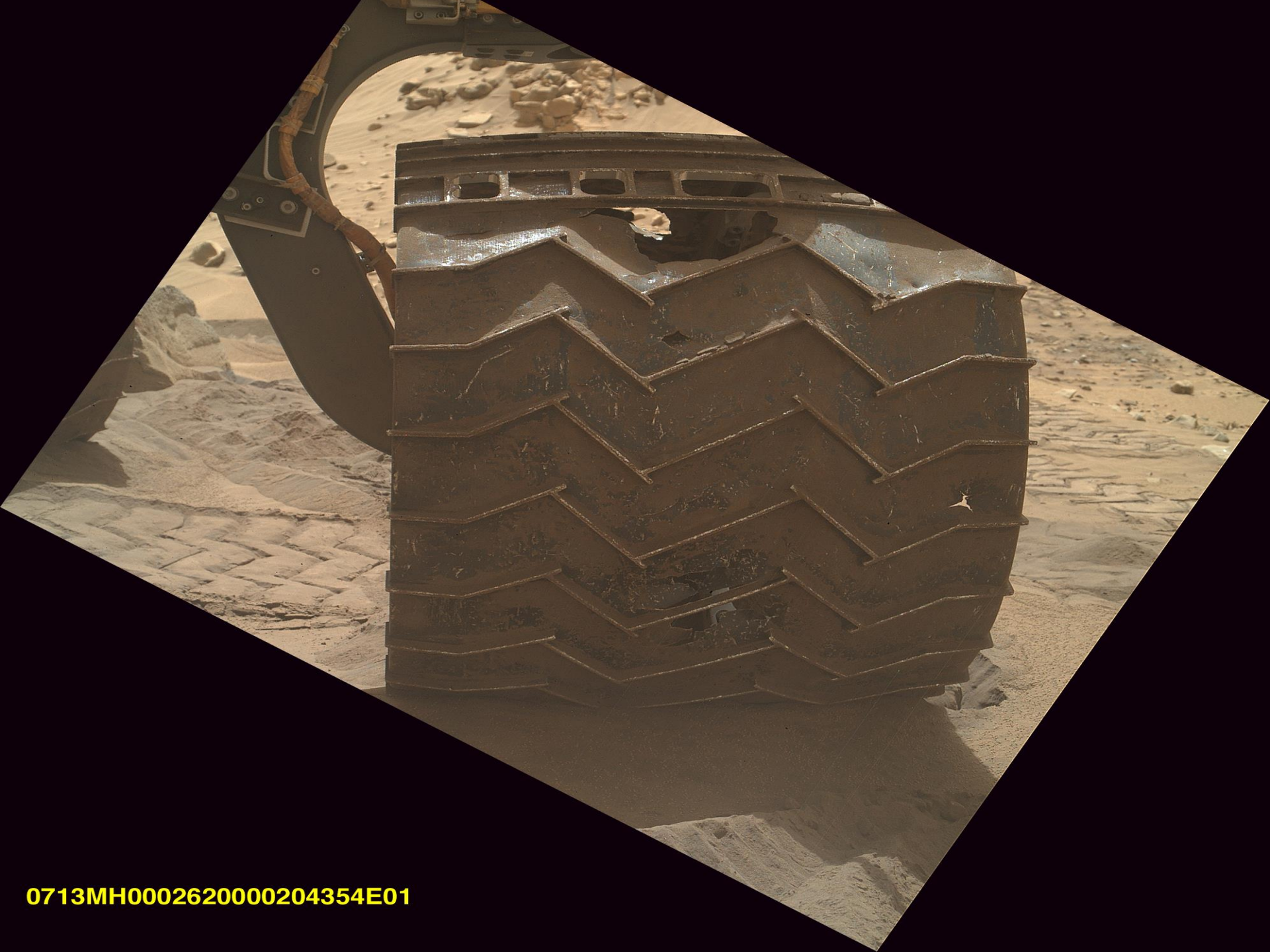


Titan

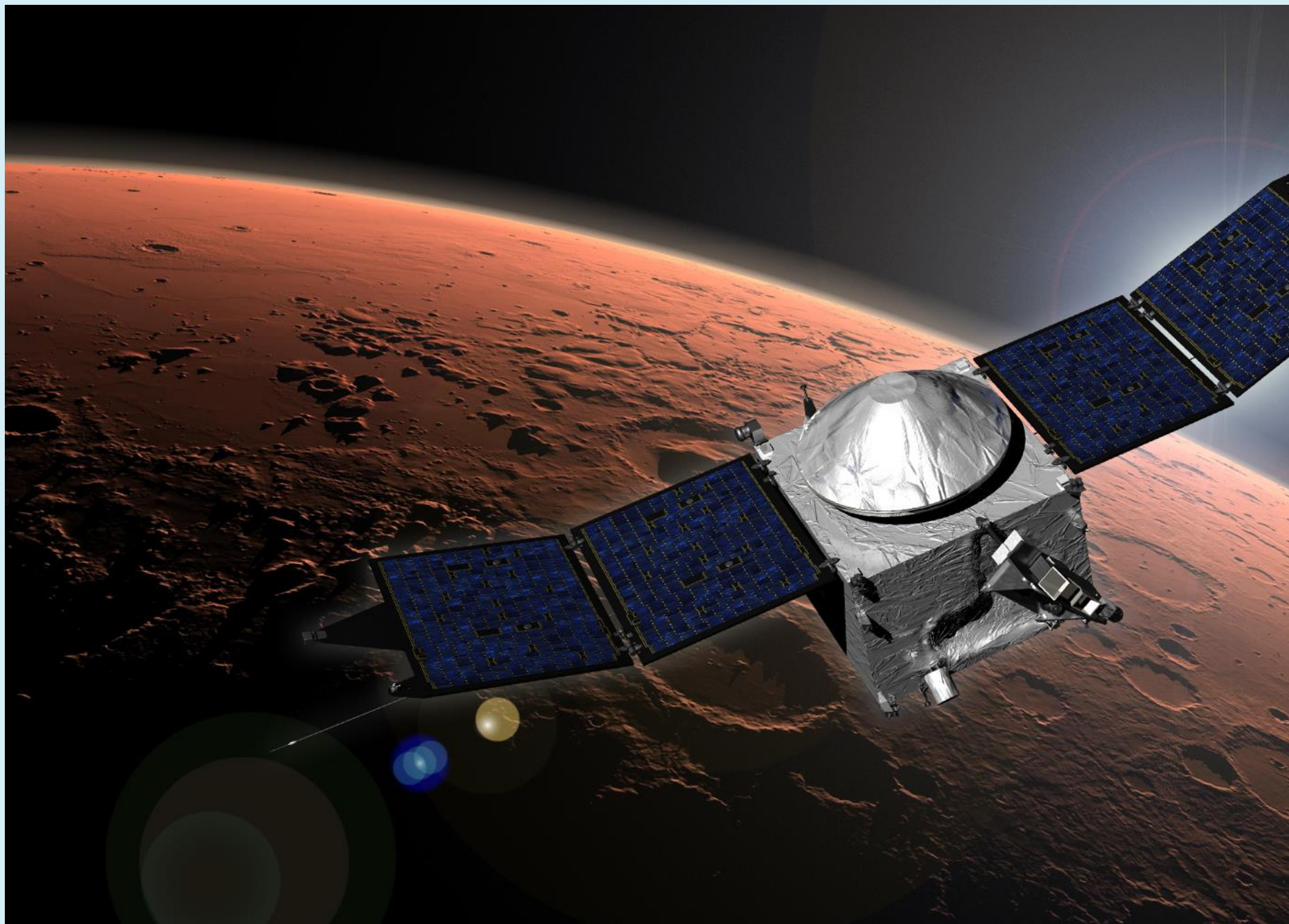


Encelade



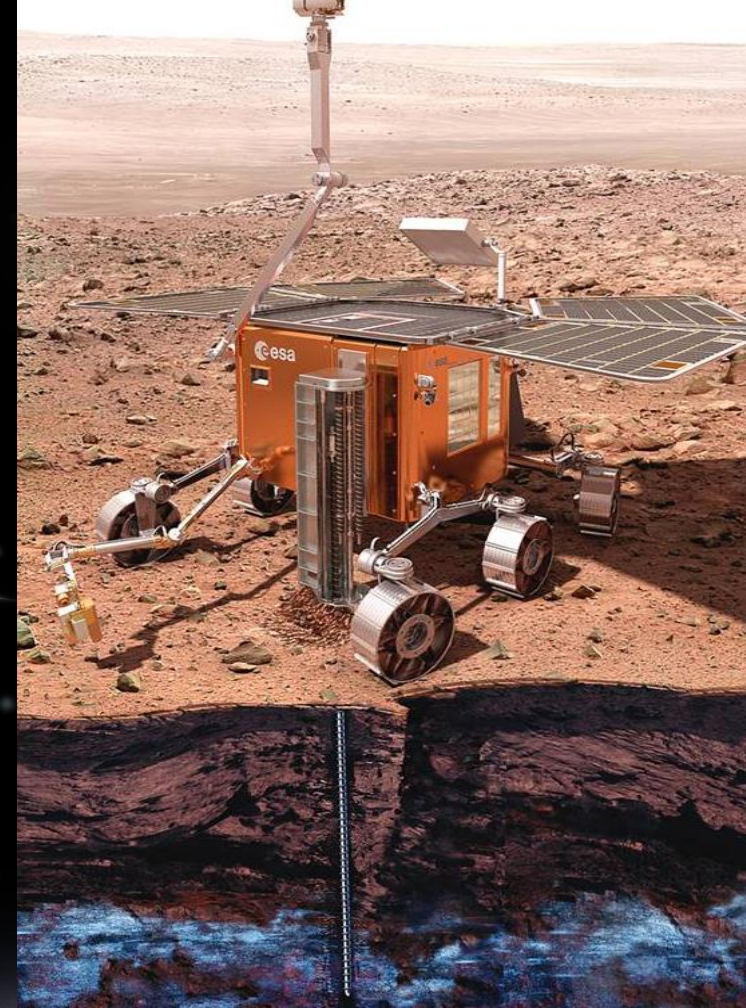
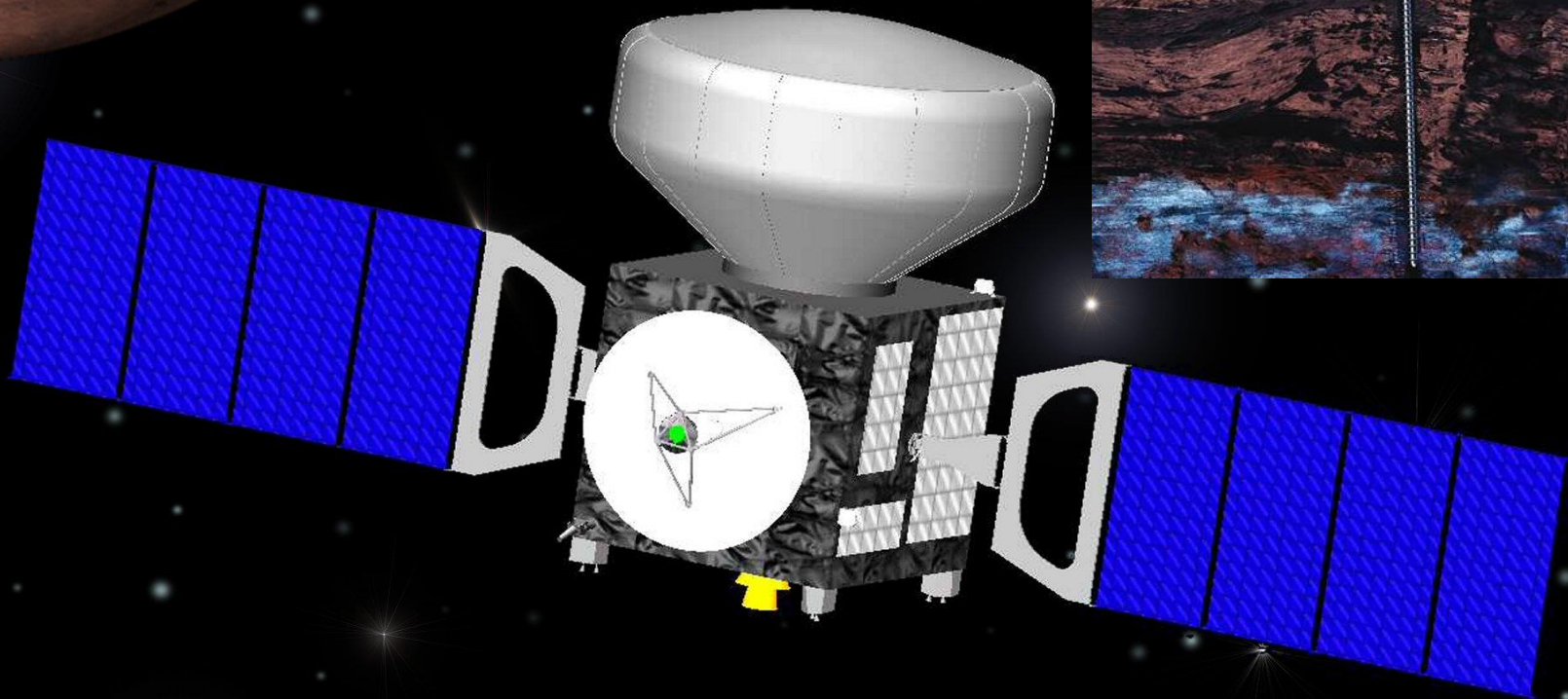


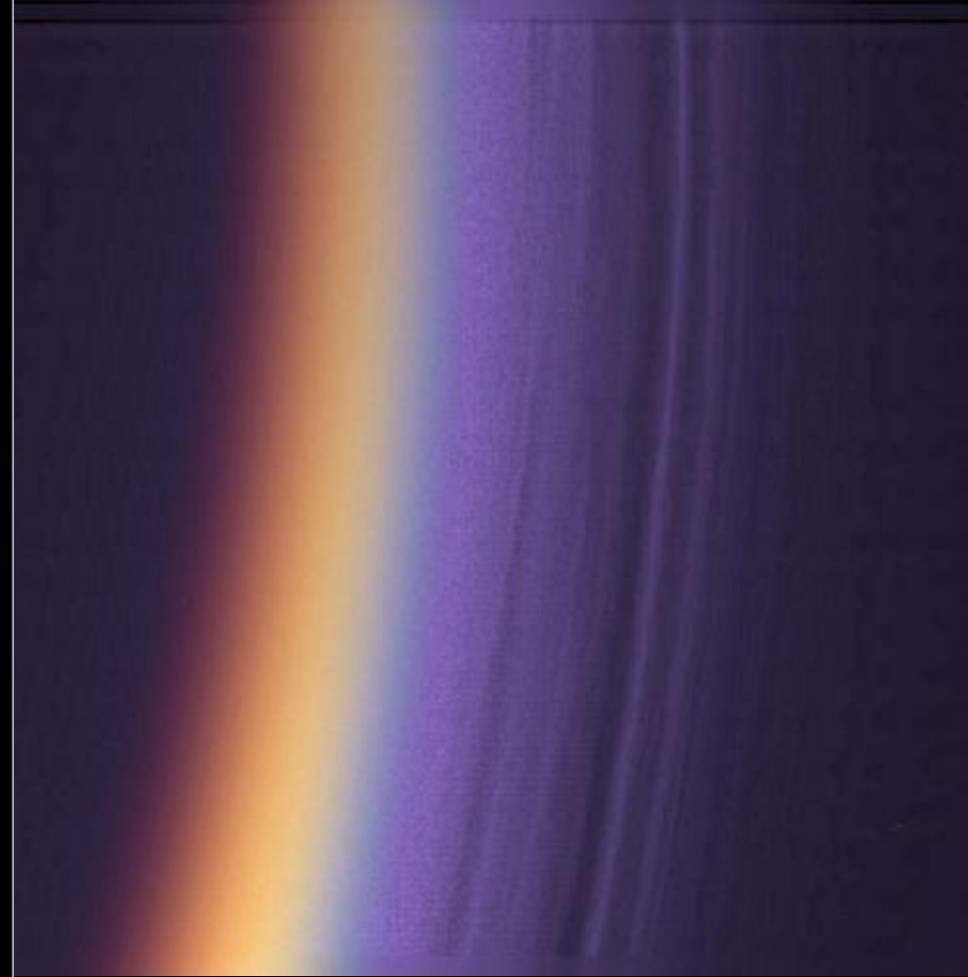
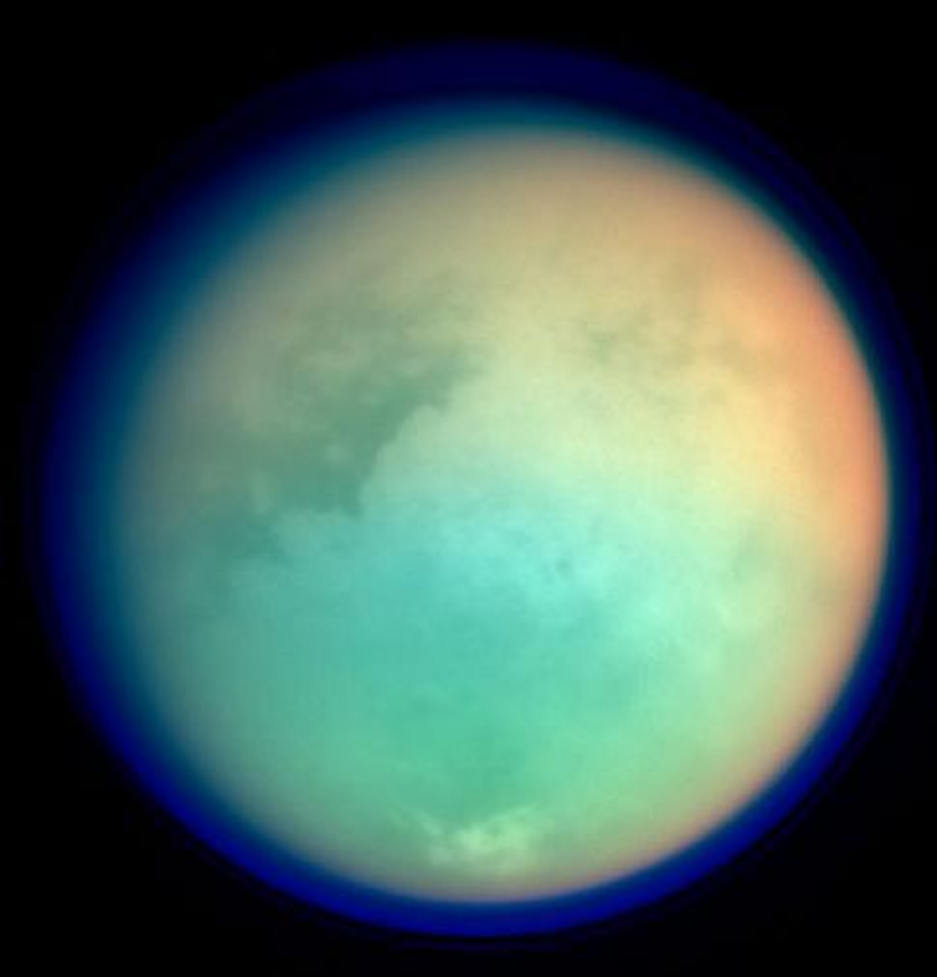
0713MH0002620000204354E01



Projet ExoMars (ESA-Roscomos)

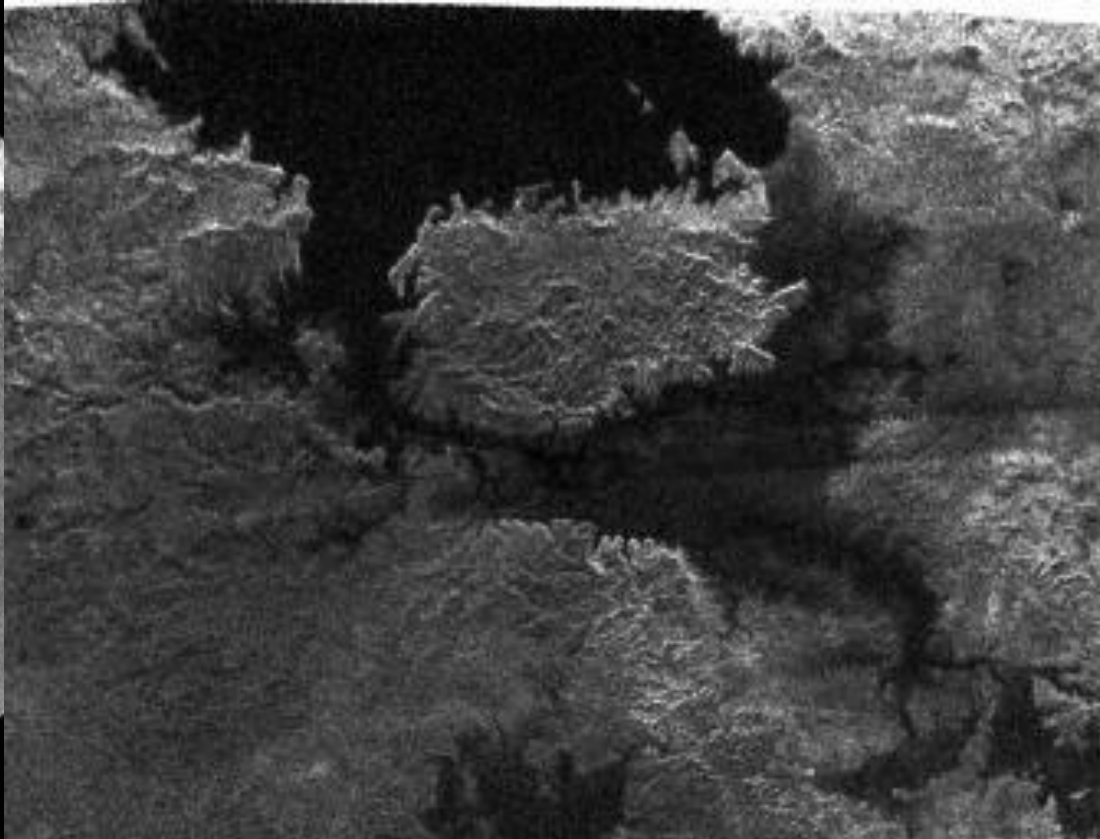
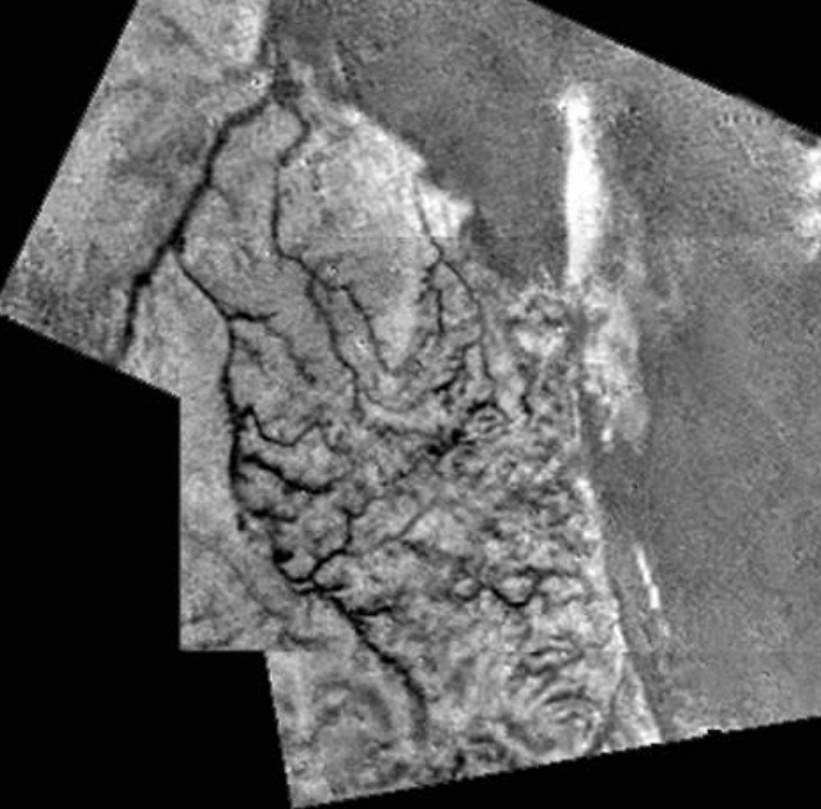
- Lancement (orbiteur) en 2016
- Lancement (rover) en 2018: Recherche de trace de vie

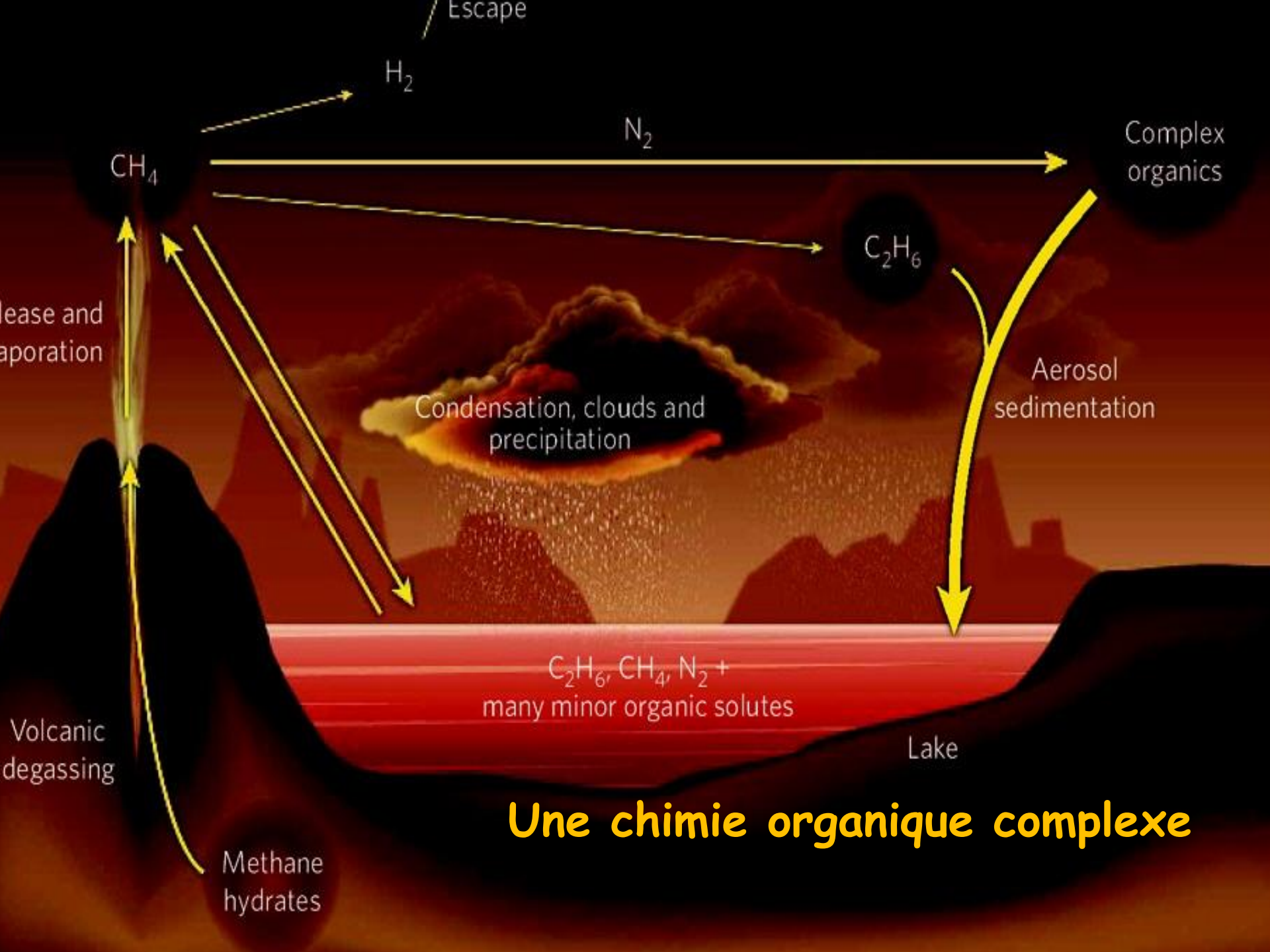




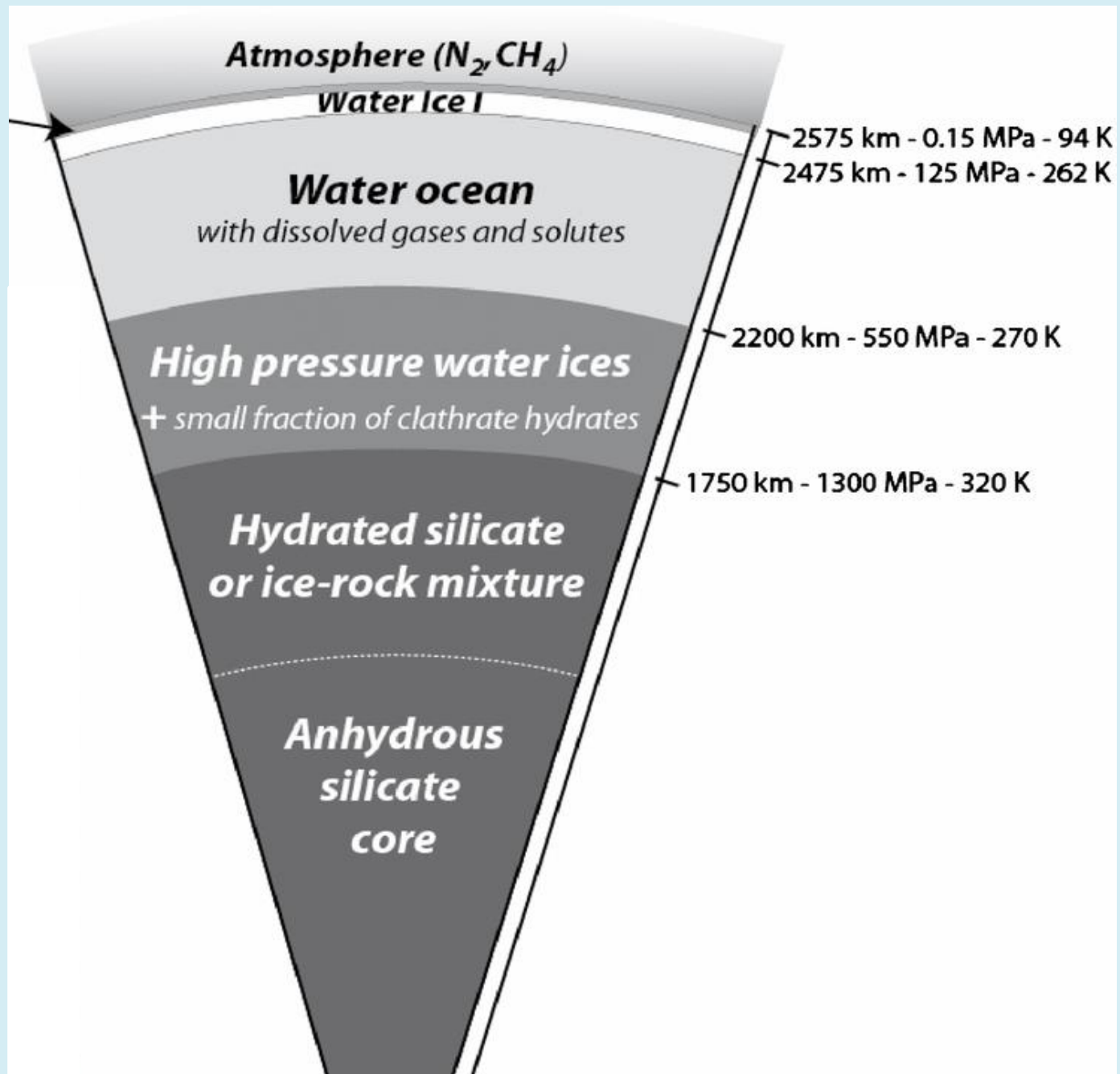
Titan ↔ Terre

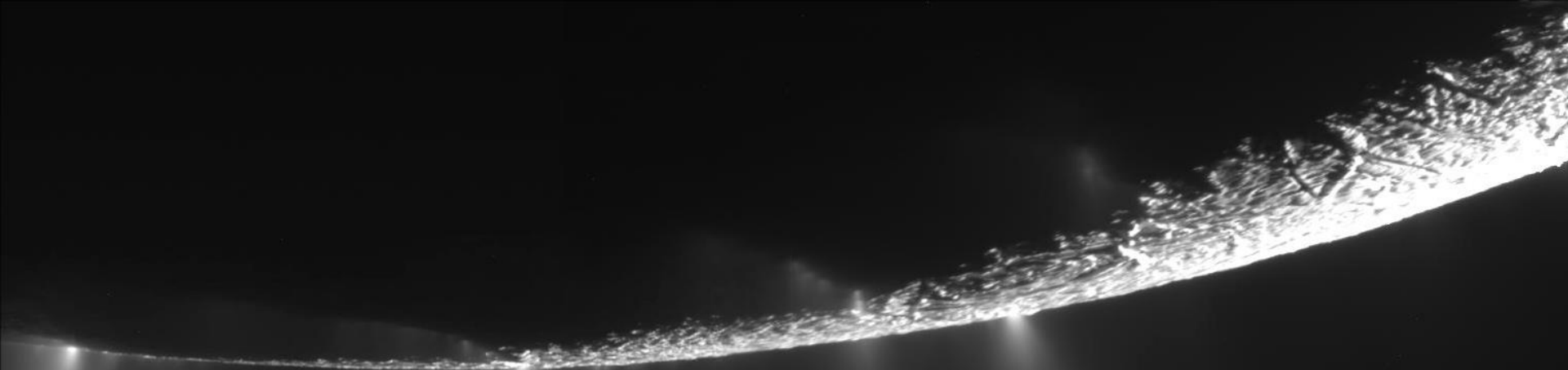
Une atmosphère dense constituée d'azote, avec une structure verticale analogue à celle de l'atmosphère terrestre



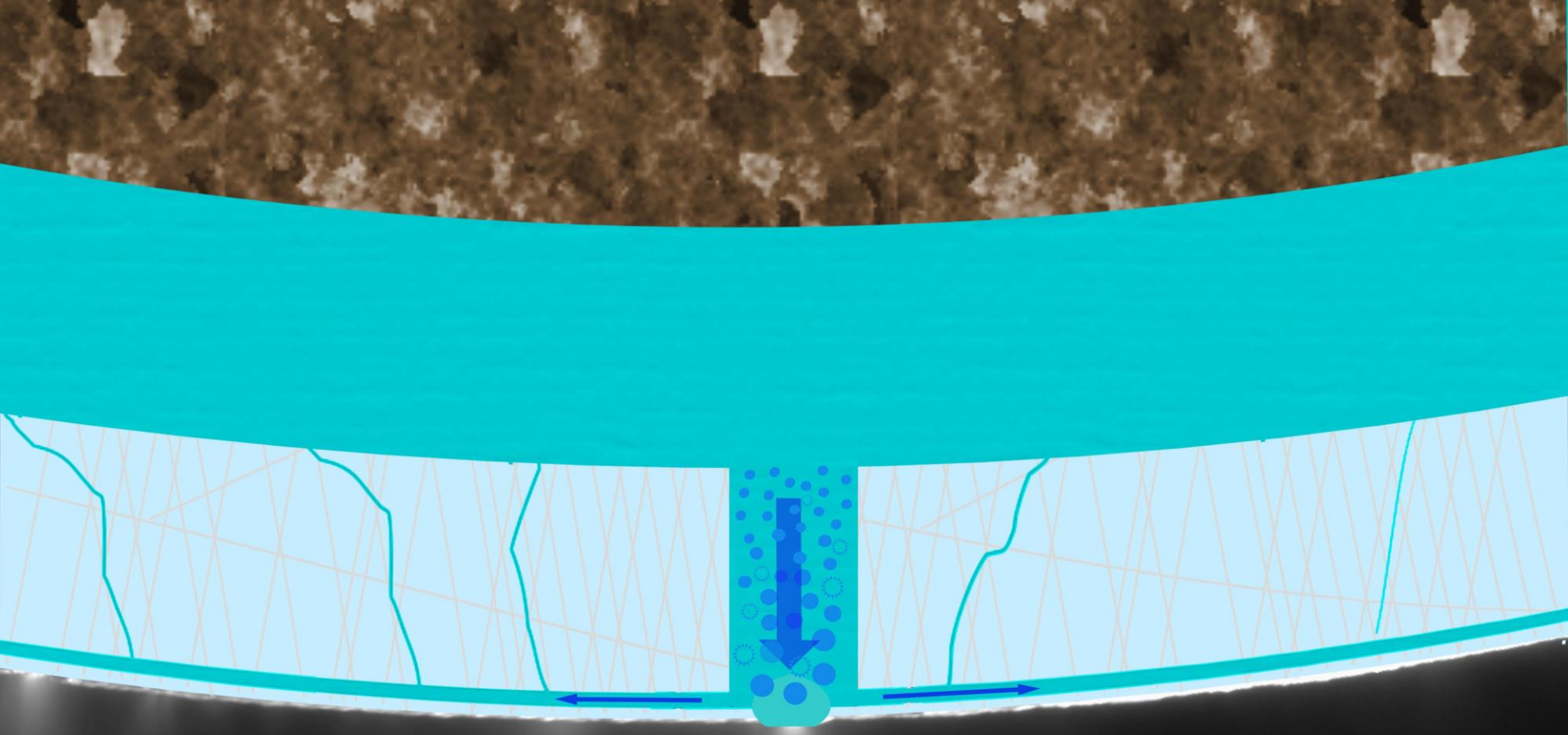


Une chimie organique complexe





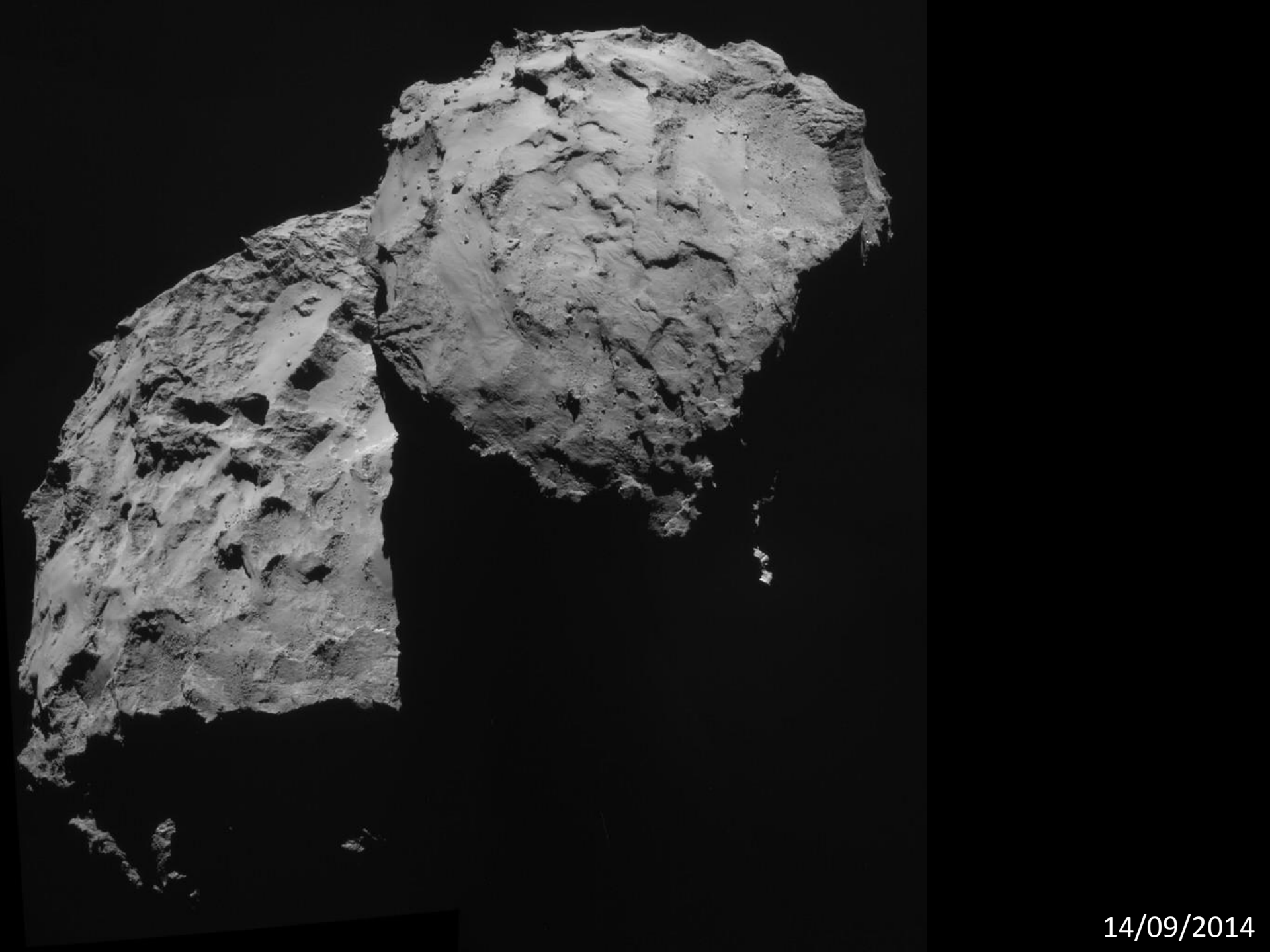
Les geysers du pôle sud d' Encelade
vus par Cassini, le 21 novembre 2009



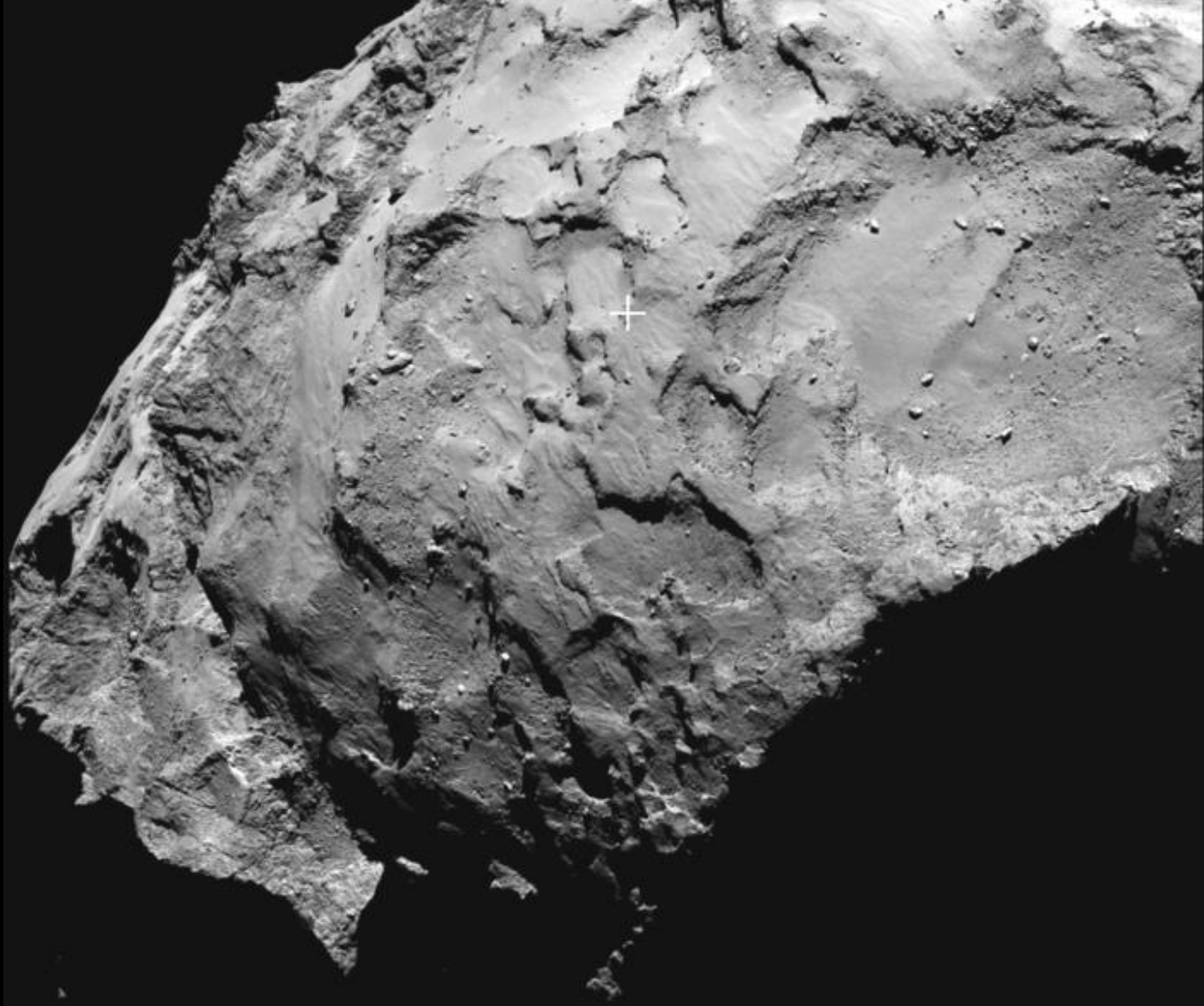
Modèle « Perrier ocean »



Rosetta (lancé en 2004)
en route vers la comète
Churyumov-Gerasimenko



14/09/2014



**Rendez-Vous le 12
novembre 2014...**



The background of the slide is a digital illustration of an alien landscape. In the upper left, a large, reddish-brown planet with some surface detail is partially visible. The sky is dark blue with scattered white stars. In the middle ground, two bright, yellowish-white stars are visible. The foreground shows a rocky, brownish landscape with several sharp, dark, reddish-brown rock formations. The overall scene is a science fiction depiction of an exoplanet.

AU DELA DU SYSTÈME SOLAIRE

**Au 28 Septembre 2014:
1822 exoplanètes**

L'EXOBILOGIE (PLANETAIRE)

« DEMAIN »

- LES COMETES (dans les semaines à venir)
- MARS (dans 2 ans et au delà)
- EUROPE (dans une décennie)
- TITAN ET ENCELADE (dans une ou deux décennies)
- LES EXOPLANÈTES (dans plusieurs décennies, à moins que SETI ...)



EN GUISE DE CONCLUSION

- L'exobiologie est par essence même basée sur la pluridisciplinarité et l'interdisciplinarité, faisant intervenir la plupart des grands domaines: chimie, biochimie, biologie moléculaire, biologie de l'évolution, géologie, paléontologie, astronomie, astrophysique, planétologie... et sciences de l'homme et de la société, philosophie !
- L'adaptation puis l'utilisation d'outils développés par d'autres champs disciplinaires peut être une source très riche de nouvelles découvertes.
- Ce devrait être exemplaire dans le cas de l'exobiologie, qui couvre toutes les sciences, des plus dures aux plus douces... à condition que les grands organismes institutionnels de recherche s'adaptent réellement à ce challenge!!

**Avec mes
remerciements
Exobiologiques pour
votre attention**