

# CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#69

Juillet-août 2016



**MARS**

LA NOUVELLE FRONTIÈRE



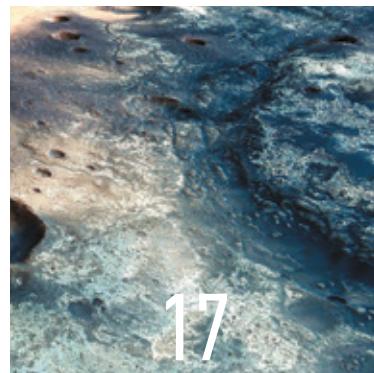
## SOMMAIRE



06



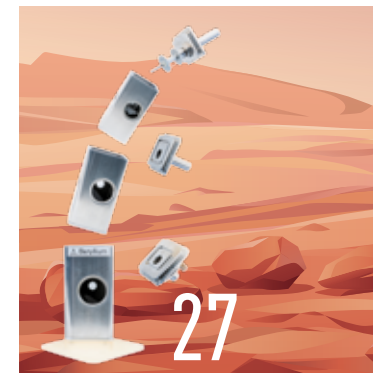
13



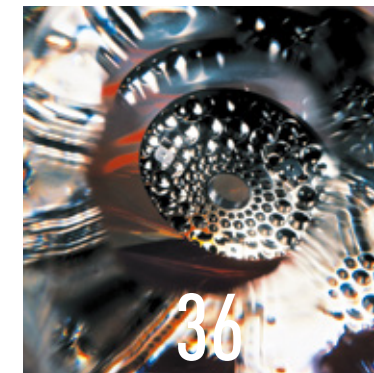
17



19



27



36

### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Cinéma, technologie, reconstitution et vols longue durée : le point sur les actualités du CNES en matière d'exploration martienne

#### 12 #COMMUNAUTÉ

L'actualité de la planète rouge relayée par les followers du CNES

#### 13 GRAND ORAL

Regard de l'astrophysicien et planétologue Sylvestre Maurice sur l'aventure scientifique et humaine martienne

### 16 EN IMAGES

Visions martiennes

#### 18 EN CHIFFRES

Carte d'identité de la planète rouge

### 19 LE CNES EN ACTIONS

En route vers Mars avec le CNES!

#### 27 MATIÈRE

Un bidon ultra-sécurisé pour les échantillons martiens

### 28 INSTANTS T

Tour d'horizon des grands défis qui restent à relever avant l'exploration humaine de Mars

### 30 RENCONTRES

- Jean-Pierre Bibring, astrophysicien à l'IAS d'Orsay et responsable scientifique français de Philae
- Francis Rocard, responsable du programme InSight au CNES
- Philippe Lognonné, planétologue à l'IPGP

#### 33 ESPACE ÉTHIQUE

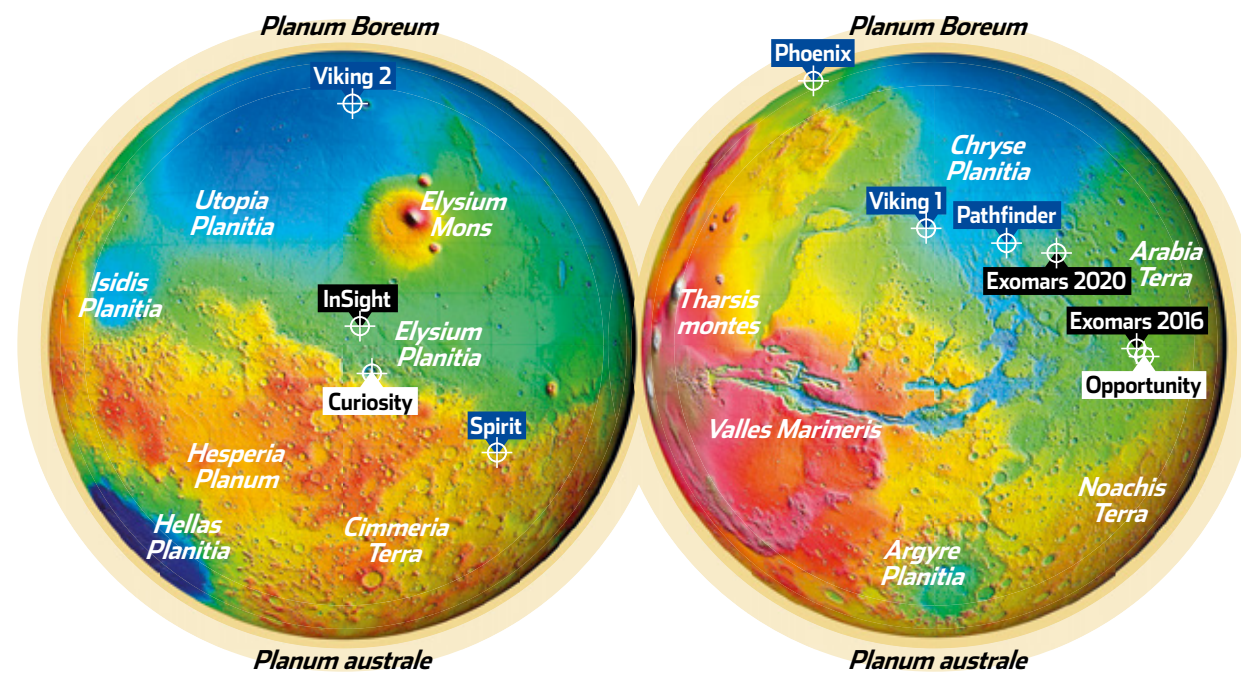
Rouge, utopie, par Jacques Arnould

#### 34 EN VUE

Les manifestations, les expos et les ouvrages réalisés ou soutenus par le CNES

### 36 TRANSFERT

ChemCam : bientôt une déclinaison terrestre?



## CARTE TOPOGRAPHIQUE DE MARS

obtenue par l'altimètre Mola de la mission Mars Global Surveyor. Les grands édifices géologiques sont indiqués ainsi que la position des sites d'atterrissage des missions passées (en blanc et bleu) et futures (en noir).

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 07 l'entreprise spécialisée dans les vols paraboliques, la microgravité, et le transfert technologique, Novespace ; p. 10 l'Institut de médecine et de physiologie spatiale, Medes ; p. 14/24/31 l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) ; p. 20/24 l'Institut national des sciences de l'univers (CNRS/Insu) ; p. 36 l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap) ; p. 30 l'Institut d'astrophysique spatiale d'Orsay (IAS) ainsi que l'ensemble des agences spatiales impliquées dans l'aventure martienne.

En couverture : © NASA/JPL/MSSS



Ce symbole signale les contenus complémentaires que vous pouvez retrouver sur le web.

WWW.CNES.FR



CNESfrance



@CNES



CNES



## CONTRIBUTEURS



### FABIENNE CASOLI

**Astrophysicienne de formation**, Fabienne Casoli a occupé successivement des postes à responsabilité à l'Observatoire de Paris, au CNRS/Insu et à l'Institut d'astrophysique spatiale (Orsay). Au CNES depuis 2007, l'exploration de l'Univers n'a pas de secret pour elle. Directrice adjointe de la DIA (direction de l'innovation, des applications et de la science), elle soutient les travaux de la recherche française.



### MICHEL VISO

**Responsable entre autres de l'exobiologie au CNES**, Michel Viso s'occupe des contributions françaises aux prochaines missions martiennes dédiées à la recherche de traces de vie. Impliqué dans l'élaboration des recommandations internationales pour protéger les corps du système solaire d'une contamination par les micro-organismes terrestres, il prépare le retour d'échantillons martiens.



### ROBIN SARIAN

**Infographiste à l'agence Idé**, Robin Sarian réalise, depuis 27 ans, des illustrations et infographies. Passionné par la science, les technologies et le cosmos, quoi de mieux que d'allier tout ceci dans la rubrique « Instants T » du *Cnesmag*! Autodidacte talentueux, il aime rappeler qu'il faut toujours rester curieux et s'émerveiller de tout.



### FRÉDÉRIC MALIGNE

**Après une licence d'histoire et d'économie**, cet adepte de la lumière se forme aux Studios Harcourt. Son domaine de prédilection : le portrait. Pour lui, chaque rencontre est une nouvelle ouverture et élargit le champ des possibles. Ce qui fut le cas avec Sylvestre Maurice lors de sa séance photo pour le Grand Oral.

## CNESMAG

**CNESmag**, le magazine d'information du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18 avenue Édouard Belin. 31401 Toulouse cedex 9. Tél : +33 (0)5 61 28 33 90. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : [cnesmag@cnes.fr](mailto:cnesmag@cnes.fr)

**Directeur de la publication :** Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale :** Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef :** Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction :** Céline Arnaud. **Rédaction :** Liliane Feuillerac, Didier Jamet, Marie-Claude Siron, Brigitte Alonzo-Thomas. **Photothèque (recherche iconographique) :** Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo :** © CNES/O.Pascaud - H.Piraud - R.Sarian - F.Maligne (p. 4), CNES/O.Pascaud (p. 5), TM & Twentieth Century Fox Film Corporation/Aidan Monaghan, 2015 (p. 6), NASA/B.Stafford/ISC (p. 7), NASA/JPL Caltech (p. 8), ESA/DLR/FU Berlin & NASA MGS MOLA Science Team (p. 9), CNES/IMBP (p. 10 haut), CNES/E.Grimault (p. 10 bas), S.Gifford (p. 11 haut), CNES/F.Maligne (p. 11 milieu), NASA/JPL-Caltech (p. 11 bas), CNES/F.Maligne (p. 13-15), NASA/JPL/L'Université d'Arizona (p. 16-17), NASA/U.S. Geological Survey (p. 18), ESA/DLR/FU BERLIN (p. 19), NASA/JPL-Caltech/MSSS (p. 20), NASA/JPL-Caltech/ESA/DLR/FU Berlin/MSSS (p. 21), NASA/JPL-Caltech/MSSS (p. 22 gauche), CNES/E.Grimault (p. 22 droite), NASA/JPL-Caltech/Lockheed Martin (p. 23), SA/ATG Medialab (p. 24 et p. 25 gauche), ESA-Stephane Corvaja (p. 25 droite), David Richalet (p. 27), CNES/E.Grimault (p. 33), CNES/D.Sarraute (p. 36). **Illustrations :** François Foyard (p. 07/26), Robin Sarian (IDE) (p. 28/29), Jean-Marc Pau (p. 30-32). **Web master :** Sylvain Charrier. **Traduction :** Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation :** Citizen Press - Camille Aulas, Stéphane Boumendil, David Corvaisier, Alexandra Roy, Aurélien Saublet. **Impression :** Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro :** Laurence Amen, Karol Barthely, Guilhem Boyer (réseaux sociaux), Fabienne Casoli, Sylvain Charrier (webmaster), Philippe Collot, Chantal Delabarre, Emline Deseez, Romain Desplats, Alain Gaboriaud, Guillemette Gauquelin-Koch, Séverine Klein, Patrick Landrodie, Didier Lapiere, Amélie Proust, Francis Rocard, Laurent Rastel, Muriel Saccoccio, Mathilde Savreux, Florence Serroussi, Marie-Claude Siron (Cnesmag numérique), François Spiero, Michel Viso.



## ÉDITORIAL



La révolution que connaît le secteur spatial, portée par l'innovation au service des applications, pourrait bien avoir une conséquence inattendue : la formidable accélération de l'exploration martienne. Envisagée il y a encore six mois pour 2040-2050, la mission habitée vers Mars est en train de se rapprocher à une vitesse vertigineuse, puisque ses promoteurs nous parlent à présent de 2030, voire de 2025 ! La raison ?

Les bénéfices apportés par la spectaculaire diminution du coût des satellites et des lancements, rendue possible par la multiplication des projets et l'augmentation des cadences. Et ce qui n'était qu'un concept, l'envoi vers Mars d'un vaisseau suffisamment grand pour permettre à quatre ou six personnes de séjourner deux ans dans l'espace, est en train de devenir un projet et bientôt une réalité. Forts de leur remarquable connaissance de Mars, accumulée au gré de nombreuses missions d'exception - Mars Express, Curiosity, Maven, ExoMars, InSight, Mars 2020 - la France, le CNES et toute notre communauté scientifique, seront aux avant-postes pour participer à cette véritable épopée des temps modernes. Et pour conquérir ce qui, pour l'humanité toute entière, est en train de devenir LA nouvelle frontière.

JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



## CINÉMA

### Seul sur Mars : une version française « made in » CNES

Si la version française du film *Seul sur Mars* a été saluée pour sa qualité, elle le doit en partie à l'expertise du CNES. Thierry Vallée, qui a conduit 15 lancements en tant que directeur des opérations (DDO) au Centre spatial guyanais, a en effet contribué à l'adaptation du film. Sa mission était de veiller à la bonne traduction des nombreux termes techniques qui émaillent les dialogues. « Il y avait un double défi très stimulant. D'abord, se mettre au niveau du grand public sans dénaturer le message technique, et condenser la traduction pour rester synchronisé. » Une expérience qui a fait naître en lui un rêve : « Si une mission martienne habitée devait partir depuis la Guyane, j'aimerais diriger le lancement ! »



## L'ESSENTIEL

## VIDÉO



Thomas Pesquet commente le film *Seul sur Mars* depuis Houston

### TÉMOIGNAGE THOMAS PESQUET A L'ÉTOFFE D'UN MARTIEN



En novembre 2016, le Français Thomas Pesquet rejoindra pour six mois la Station spatiale internationale. C'est en spectateur concerné qu'il livre ses impressions sur le film *Seul sur Mars*.

« *L'aventure de cet humain qui se retrouve seul en terre inconnue m'a beaucoup parlé, témoigne-t-il. Tous les astronautes ont une âme d'explorateur!* » De fait, Thomas Pesquet s'est déjà retrouvé dans une situation proche de celle du héros du film à l'occasion des vols paraboliques organisés par Novespace, la filiale du CNES.

« Certains de ces vols ont recréé une gravité martienne, souligne-t-il. Durant l'entraînement, nous suivons des stages de survie au cas où notre capsule ne se poserait pas au bon endroit au retour.

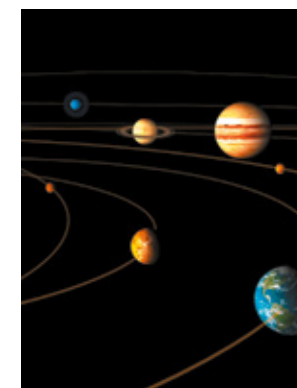
La consigne est de toujours garder une attitude positive, de ne pas se laisser gagner par le découragement. C'est exactement ce que nous apprend le film. »

Une leçon que le CNES a bien comprise depuis plus de trente ans qu'il accompagne avec ténacité la communauté scientifique française sur le long chemin de l'exploration de Mars.



### DÉMONSTRATEUR MOXIE, UN PEU D'AIR FRAIS SUR MARS

Composée de dioxyde de carbone à plus de 95 %, l'atmosphère de Mars est irrespirable. Pourtant, comme l'indique sa formule chimique ( $\text{CO}_2$ ), chaque molécule de dioxyde de carbone contient deux précieux atomes d'oxygène. Dans la perspective de futures missions habitées sur la planète rouge, Mars 2020 emportera un démonstrateur, Moxie, qui aura pour mission de briser par électrolyse les molécules de  $\text{CO}_2$  martien afin d'en extraire l'oxygène. La mission sera considérée comme concluante si Moxie parvient à produire 22 g d'oxygène par heure pendant 50 jours martiens. De quoi fournir suffisamment d'oxygène à un être humain pour respirer pendant une dizaine de jours.



## 22 MINUTES

et 13 secondes, c'est le temps maximal que peut mettre un message radio à couvrir la distance entre Mars et la Terre lorsqu'elles sont à l'opposé du Soleil l'une de l'autre. Au plus proche, ce délai est réduit à un peu plus de 3 minutes.

Dans tous les cas, inutile d'espérer assister en direct depuis la Terre aux premiers pas de l'Homme sur Mars!



## L'ESSENTIEL



Le tir laser de l'instrument ChemCam permet une analyse élémentaire des roches et des sols autour du rover.

sur Mars afin de révéler à distance la nature des roches environnantes. Mais le seul laser répondant au cahier des charges pèse une vingtaine de kilos. Aussi volumineux qu'un bureau, ce laser consomme plusieurs kilowatts et n'aime pas du tout être chahuté. Un tel gabarit n'obtiendra jamais son ticket pour l'espace ! Le scientifique se tourne alors vers le CNES et plus particulièrement vers Muriel Saccoccio, ingénieure

au Centre spatial de Toulouse et responsable du développement. Spécialiste des lasers et des applications spatiales, elle va aiguiller le fabricant, Thales Laser, vers les bons choix technologiques. Finalement, le laser de ChemCam pèse 600 g, tient dans le volume d'une canette de soda, et a déjà pratiqué plus de 337 000 tirs sur Mars en parfaite autonomie. Un succès tel que la mission Mars 2020 emportera une version améliorée de ChemCam. Benoît Faure, également ingénieur au CNES, est aujourd'hui en charge du laser de la bien nommée SuperCam.

### TECHNOLOGIE

#### RÊVEZ, LE CNES S'OCCUPE DU RESTE!

**S**i l'univers de la science-fiction regorge de lasers multicolores portés à la ceinture, les choses sont un peu plus compliquées dans la vraie vie. Prenez par exemple le laser de ChemCam, l'instrument de recherche géologique auquel le rover Curiosity de la mission MSL doit une bonne part de ses découvertes. Au début des années 2000, l'astrophysicien Sylvestre Maurice se prend à rêver de disposer d'un tel outil

### VIDÉO

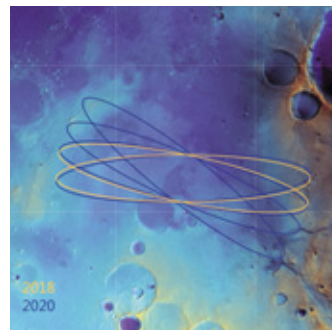


Oxia Planum, l'endroit idéal sur Mars ?



## L'ESSENTIEL

### ATERRISSAGE EXOMARS 2020 SE POSERA-T-IL SUR OXIA PLANUM ?



Oxia Planum a été retenu comme site d'atterrissage favori pour le rover d'ExoMars 2018. Sélectionné parmi quatre candidats, le site offre le meilleur compromis entre intérêt scientifique et contraintes techniques. Se trouvant dans le prolongement

de la trajectoire d'entrée dans l'atmosphère du module de descente, Oxia Planum recèle des argiles dont les minces feuillets ont pu conserver les traces d'une éventuelle forme de vie microscopique passée. Des quatre sites, Oxia Planum est aussi le moins élevé, 3 kilomètres sous le niveau moyen de Mars. Cette basse altitude allongera la durée du freinage dans la mince atmosphère martienne, ce qui réduira d'autant la vitesse terminale de l'atterrisseur. Cependant, la mission ne pourra être lancée qu'en 2020. Les scientifiques vont analyser les nouvelles trajectoires possibles et même si Oxia Planum demeure le site de référence, des sites alternatifs pourraient être considérés.

# 200

C'est le nombre d'étudiants en BTS, issus de 22 établissements de l'académie de Toulouse, qui ont travaillé en deux ans sur Elysium, la réplique à taille réelle de l'atterrisseur de la mission InSight. Une expérience éducative initiée par le CNES qui constitue un véritable passeport pour l'emploi dans les filières scientifiques et techniques.

# 100

 GRAMMES

C'est la quantité d'atmosphère que perd Mars chaque seconde sous l'action du vent solaire. Cumulée depuis des milliards d'années, cette quantité explique la disparition de l'essentiel de l'atmosphère martienne. Forte de cette découverte, la mission franco-américaine Maven voit ses opérations prolongées au moins jusqu'à la fin 2016.

**PLUS D'INFOS :** MAVEN.CNES.FR

# 5

 KM/S

C'est la vitesse théorique que devrait avoir un engin spatial redécollant de Mars pour s'arracher de la gravité martienne. Une valeur plus de moitié moindre à celle nécessaire pour quitter la Terre (11,2 km/s).

## 50 ANS D'EXPLORATION MARTIENNE

1965



Mariner 4, États-Unis. Premier survol de Mars, premières images de la surface. Mars s'avère être un vaste désert glacial.

1971



Mariner 9, États-Unis. Première satellisation autour d'une autre planète que la Terre. Découverte le volcan Olympus Mons et le canyon Valles Marineris.

1976



Viking 1 et 2, États-Unis. Premiers atterrissages réussis et premières expériences de recherche, *in situ*, de vie martienne. Résultats négatifs.

1996



Mars 96. Ambitieuse mission russe avec plus de 40 expériences dont 11 européennes. Échec au lancement. Les doubles des instruments européens voleront sur des missions ultérieures. Mars Pathfinder, États-Unis. Cette mission technologique pose le premier rover (Sojourner) sur Mars.

2003



Mars Express, Europe. Immense succès, toujours en service. Découverte des premières argiles martiennes, roches à fort intérêt exobiologique.

2004



Mars Exploration Rover, États-Unis. Les véhicules jumeaux Spirit et Opportunity confirment l'intérêt de la mobilité sur Mars. Opportunity toujours en service.

2012



Mars Science Laboratory, États-Unis avec forte contribution française. Mars a bien été habitable par le passé. Le véhicule Curiosity poursuit sa route vers le mont Sharp.

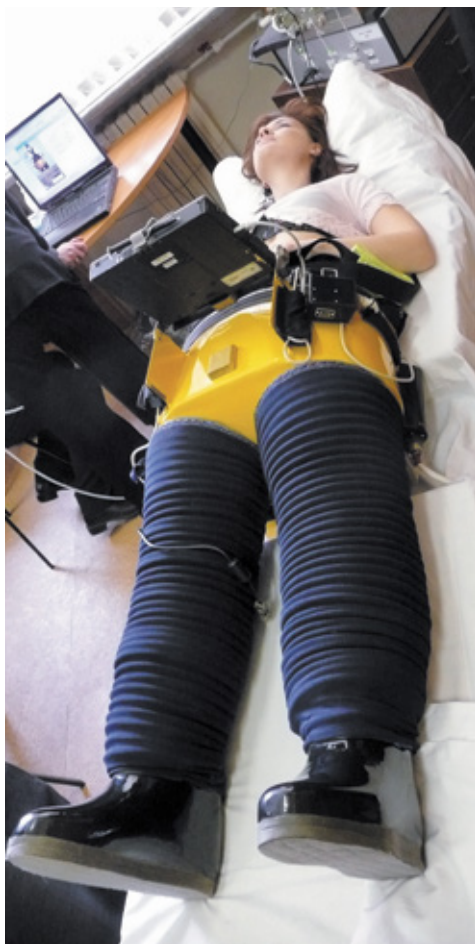
2016



Exomars 2016, Europe/Russie. Cette mission comprend l'orbiteur TGO (Trace Gas Orbiter) et l'atterrisseur Schiaparelli chargé de valider les technologies d'atterrissage sur Mars. TGO recherchera les gaz en très faible quantité dans l'atmosphère.



## L'ESSENTIEL



### ENTRAÎNEMENT LES VOLS DE LONGUE DURÉE SE PRÉPARENT DÈS MAINTENANT

**P**our le moment, l'exploration martienne est exclusivement réalisée par des sondes et des véhicules robotisés. Pourtant, le CNES se prépare d'ores et déjà à la perspective de participer à des vols habités. « Nous nous efforçons de maintenir des compétences clés dans la préparation des astronautes aux vols habités de longue durée », confirme ainsi François Spiero, responsable des vols habités au CNES. Au Centre spatial de Toulouse, le Cadmos (Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales) opère toute une série d'expériences en physiologie humaine à bord de l'ISS. Ainsi, pour la mission Proxima à laquelle participera Thomas Pesquet à partir de novembre 2016, le Cadmos prépare une douzaine d'instruments ou de démonstrateurs technologiques. Depuis une vingtaine d'années, le CNES a développé une véritable expertise dans le suivi cardiovasculaire des voyageurs de l'espace avec Cardiolab (ISS), Cardiomed (ISS côté russe) et bientôt Cardiospace qui prendra place dans le véhicule habité chinois TianGong 2. Comme le précise Guillemette Gauquelin-Koch, responsable des sciences de la vie au CNES, « cette spécialisation résulte à la fois des problèmes réels auxquels est confronté le système cardiovasculaire des astronautes lors des séjours prolongés dans l'espace, mais aussi des bénéfices espérés en matière de santé publique sur Terre ». Autre atout dans ces préparations aux missions de très longue durée, les expériences d'alitement prolongé menées au Medes, la clinique spatiale filiale du CNES. Objectif : évaluer les mesures proposées pour prévenir les effets néfastes de la microgravité.



### CONFINEMENT EXPÉRIENCE EN CHINE

Les premières missions habitées vers Mars se dérouleront probablement dans le cadre de coopérations internationales, avec des équipages multiculturels qui devront

apprendre à partager un espace confiné pendant de longs mois. C'est tout l'enjeu de l'expérience de confinement CELSS<sup>1</sup> qui vient de débuter en Chine à Shenzhen et dont le CNES

est partenaire. Pendant cette expérience prévue pour durer six mois, une première version de Cardiospace sera évaluée avant son départ pour l'espace.

<sup>1</sup>. Controlled ecological life support system.



## L'ESSENTIEL

WEB DOC



Pourquoi cherche-t-on de la vie sur Mars ?

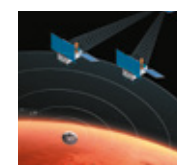
### EXOMARS 2020 AU SEROM, DES ESSAIS CONCLUANTS



### RECONSTITUTION SEUL... À HAWAÏ !

Depuis le 28 août dernier, le Français Cyprien Verseux, jeune biologiste de 25 ans, participe à l'expérience de confinement HI-SEAS IV de la NASA. Avec 5 autres reclus volontaires, il doit passer 365 jours dans un dôme de 11 mètres de diamètre analogue à un habitat martien. Le dôme est implanté sur un flanc du Mauna Loa, volcan hawaïen réputé pour ses paysages arides semblables à ceux de la planète rouge. La réclusion n'est cependant pas totale, puisque Cyprien Verseux alterne sorties en scaphandre et travaux scientifiques sous le dôme. En tant que biologiste, sa mission est de créer un écosystème martien à partir duquel l'équipage pourrait tirer une partie de sa subsistance, tout en surveillant la population de bactéries pathogènes de l'habitat.

### SATELLITES DEUX CUBES PLEINS DE PROMESSES



Après 6 mois et demi de trajet, lorsqu'elle entrera dans l'atmosphère jusqu'au sol, la mission InSight pourra compter sur deux nanosatellites pour relayer la bonne nouvelle vers la Terre. Dénommés MarCO (pour Mars Cube One), ces satellites messagers ont pour principale caractéristique leur taille, dérisoire pour une mission interplanétaire : 37,6 x 24 x 12 centimètres, à peu de choses près le gabarit d'une boîte à chaussures ! Si l'expérience est concluante, cette première utilisation de nanosatellites dans le cadre d'une mission interplanétaire ouvrira des perspectives intéressantes.

**D**ans le cadre de la préparation d'ExoMars, l'ESA a entamé fin octobre 2015 une série de tests de son démonstrateur de véhicule martien sur le site du Serom (Site d'essais des robots mobiles), une reconstitution de sol martien située dans l'enceinte du Centre spatial de Toulouse. D'une superficie de 4000 m<sup>2</sup> et recouverte de gravier volcanique, cette simulation de sol martien est très représentative, avec de nombreux obstacles de tailles différentes créant une grande variété d'environnements. Ces premiers essais ont testé les opérations de la première phase de la mission sur le sol martien. Les images prises par le véhicule servent à déterminer de quel côté il serait préférable de quitter la plateforme d'atterrissage en fonction de la pente et des obstacles présents. Cette première prise de contact de l'équipe ESA d'ExoMars avec le Serom s'est très bien passée. Des technologies en cours de développement, comme un drone de prise de vue simulant des images satellites, ont même été déployées pour l'occasion, présentant toute la palette de services que l'équipe de robotique du CNES est à même d'offrir à ses partenaires. D'autres essais sont en cours et à venir.



## #COMMUNAUTÉ

Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous. Vous nous faites part de vos réflexions, questions. Rejoignez la conversation!;

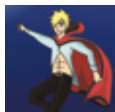


### @ EN DIRECT DU LABO

Pour la semaine du 6 juin, @\_adam\_amara\_, Doctorant en biologie synthétique et systémique, au Manchester Institute of Biotechnology



Les séquences pour #SAM ont bien été délivrées à @MarsCuriosity. C'est la joie au #FIMOC au @CNES ;)

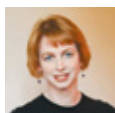


### @ VAMOS

Fan de @Unsterblicher et @WankilStudio | Cumberbiatch | Pro-player sur Mario Kart | GLaDOS la patate | #TeamIronMan | Star Trek | Streamer à ses heures perdues



Aujourd'hui il y a un ingénieur du CNES qui a fait une conférence inédite au lycée, il pilote Curiosity sur Mars et il fait des trous au laser!



### @ EMILY LAKDAWALLA

Senior Editor & Planetary Evangelist, The Planetary Society. Planetary scientist, writer, public speaker. Writing a book on Curiosity mission. Asteroid 274860.



I love this Curiosity 2-Mars-year birthday cake made by the @CNES science team :)



### @ EN DIRECT DU LABO

Pour la semaine du 6 juin, @\_adam\_amara\_, Doctorant en biologie synthétique et systémique, au Manchester Institute of Biotechnology



Avec @MarsCuriosity, il a été prouvé que Mars a été habitable dans le passé.



### RAV THERADD

17 octobre 2015, 19h15

On ne peut pas laisser passer Mars, c'est la pierre angulaire de tout programme spatial. Tous les programmes ambitieux vont le faire. Plus il y aura de monde dessus plus ça avancera. L'humanité compte mettre les pieds dessus, ça a une certaine forme d'importance.



### FLORIAN CABOT

17 juillet 2015, 21h

On a sacrément fait du chemin en 50 ans avec le selfie de Curiosity :) La technologie avance à des vitesses phénoménales!



GRAND ORAL

# SYLVESTRE MAURICE

SPÉCIALISTE DE L'EXPLORATION DU SYSTÈME SOLAIRE, L'ASTROPHYSICIEN ET PLANÉTOLOGUE

Sylvestre Maurice a supervisé la réalisation de ChemCam, la caméra chimique du robot Curiosity qui, depuis l'été 2012, arpente la surface de la planète rouge. Regard d'un passionné sur l'aventure martienne humaine et scientifique.

VIDÉO



Pourquoi envoyer des hommes sur Mars ?



## GRAND ORAL

### COMMENT EXPLIQUER QUE MARS FASCINE ENCORE AUTANT ?

**Sylvestre Maurice :** Nous vivons une époque martienne formidable. Actuellement, deux rovers arpentent sa surface, Opportunity l'ancien et Curiosity le nouveau, ainsi que cinq orbiteurs, soit au total sept véhicules géolocalisés sur Mars. En 2016, deux autres vont les rejoindre pour la mission européenne ExoMars 2016. Il est donc logique que les découvertes s'enchaînent et fassent parler d'elles.

### LA NASA A ANNONCÉ EN FIN D'ANNÉE LA PRÉSENCE D'EAU SAUMÂTRE. QU'EST-CE QUE CETTE DÉCOUVERTE APORTE À LA CONNAISSANCE DE MARS ?

**S. M. :** L'affaire des saumures concerne l'histoire moderne de Mars, alors que le plus souvent, c'est un Mars ancien qui nous intéresse. Il y a plus de 3 milliards d'années, Mars avait une atmosphère dense et de l'eau liquide à sa surface. Aujourd'hui, la planète est froide et aride. Toutefois, son atmosphère contient un peu de vapeur d'eau, le sol de la glace, et nous pouvons dire maintenant qu'occasionnellement coule de l'eau liquide quand elle est chargée en sels.

### VOUS AVEZ SUPERVISÉ LA RÉALISATION DE LA CAMÉRA CHEMCAM DU ROVER CURIOSITY. QUELLES AVANCÉES LES DONNÉES RECUEILLIES ONT-ELLES PERMISES DEPUIS 2012 ?

**S. M. :** Curiosity est le premier robot géologue. En France, la communauté scientifique a eu la chance, avec le CNES, de réaliser en partie les instruments ChemCam

et SAM qui ont montré, avec le reste de la charge utile, que Mars fut dans le passé une planète habitable. À quelle époque ? Pendant combien de temps ? Nous y travaillons. Mais déjà cette découverte change notre regard sur le cosmos : avec deux planètes habitables sur huit, quand on songe aux milliards de milliards de planètes (qui orbitent d'autres étoiles que notre Soleil), combien sont habitables ? En mai 2016, Curiosity a fêté 2 années martiennes dans le cratère Gale. La caméra chimique a tiré plus de 337 000 fois son laser de puissance sur plus de 1 350 cibles différentes, mettant en évidence une diversité inattendue de roches magmatiques et sédimentaires. Ces mesures ont montré que certaines roches sont comparables aux roches archéennes qui constituent la croûte primitive terrestre, changeant profondément notre conception de la surface martienne. ChemCam a aussi détecté des minéraux qui se sont formés ultérieurement par précipitation de phosphates, sulfates de calcium, ou encore de manganèse.

### DE MANIÈRE GÉNÉRALE, QUELS SONT LES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DU PROGRAMME MARTIEN ?

**S. M. :** Dans les années 1990, la recherche de traces d'eau était le fil conducteur de l'exploration scientifique de Mars. Avec Curiosity, une nouvelle étape est franchie. Il s'agit de caractériser les paramètres physico-chimiques propices au développement de la vie, c'est-à-dire l'habitabilité. Demain, nous partons à la recherche de traces

de vie. Cette thématique avait été abordée dans les années 1970 par les sondes Viking, sans succès. Nous y retournons avec des instruments bien plus performants.

### 2016 VERRA L'EUROPE POURSUIVRE L'AVENTURE MARTIENNE. QUELS SONT LES ENJEUX DES MISSIONS À VENIR ?

**S. M. :** En 2016, il y aura la première étape du programme européen ExoMars : un démonstrateur de descente (Entry, Descent and Landing Demonstrator Module) et un orbiteur (Trace Gas Orbiter). La deuxième étape aura lieu en 2020 : un rover ambitieux emportera la charge utile Pasteur à laquelle la France contribue très largement. Puis en 2018, il y aura une mission américaine absolument fabuleuse. Baptisée Insight, elle écouterait battre le cœur encore inconnu de Mars. Un sismomètre, sous responsabilité scientifique de l'IPGP<sup>1</sup>, mesurera les ondes sismiques qui se propagent dans ses entrailles afin de nous aider à comprendre sa structure interne.

### ET À PLUS LONG TERME...

**S. M. :** Les Américains ont l'ambition de revenir en 2020 avec un nouveau Curiosity pour rechercher des traces de vie sur Mars. L'instrument SuperCam, qui fait suite à ChemCam, fait partie de la charge utile de cette mission appelée provisoirement Mars 2020. À la mesure de composition chimique s'ajoutera la minéralogie, en spectroscopie Raman<sup>2</sup> et infrarouge. Cet instrument est



## SYLVESTRE MAURICE

ASTROPHYSICIEN ET PLANÉTOLOGUE

« NE NOUS TROMPONS PAS (...) : IL N'Y A PAS D'AUTRE ENDROIT DANS LE SYSTÈME SOLAIRE QUE LA TERRE POUR L'AVENIR DE L'HOMME ».

déjà en cours de construction dans les laboratoires français du CNRS et des universités (Irap, Lesia, OMP, LAB, Latmos, IAS) en collaboration avec le CNES.

### EN QUOI MARS 2020 SERA-T-ELLE EXCEPTIONNELLE ?

**S. M. :** Depuis une vingtaine d'années, notre Graal est de ramener un jour un morceau de Mars dans nos laboratoires. Mars 2020 en fera le premier pas. L'idée est de prendre une roche, de l'étudier sur place, de la mettre dans un petit sac à dos et de le ramener plus tard sur Terre. Pour le moment, nous ne savons pas encore poser une fusée sur Mars et la faire redécoller. Mais les agences spatiales y travaillent. À nous de leur prouver l'utilité d'aller chercher ces échantillons ! Aidé



## GRAND ORAL

d'autres instruments, l'enjeu de SuperCam est donc crucial : choisir les échantillons et les caractériser. Mais derrière la recherche des traces de vie, d'eau ou de l'habitabilité, il y a une autre thématique sous-jacente : amener un homme sur Mars ! Chacune de nos missions se doit de développer un instrument dans cette optique. Sur Curiosity, c'était une mesure de radiation pour survivre à la croisière ; sur Mars 2020, c'est une fabrique d'oxygène *in situ*.

### LA PERSPECTIVE DES VOLS HABITÉS VERS MARS SEMBLE FASCINER L'OPINION PUBLIQUE. QU'EN PENSEZ-VOUS ? QU'Y GAGNERAIT L'HUMANITÉ ?

**S. M. :** L'humanité dans son ensemble semble vouloir que l'homme quitte le plancher terrestre. L'envie exprime ici un besoin de dépassement, de rêve. Mais ne nous trompons pas, il ne s'agit pas de coloniser Mars : il n'y a pas d'autre endroit dans le système solaire pour l'avenir de l'homme. L'homme est adapté à la Terre et à nulle autre planète. Il est condamné à y rester. Il n'y a pas de plan B ! Nous y allons d'abord avec des robots, ils sont les précurseurs des hommes. D'ailleurs, Curiosity a été élu le 1<sup>er</sup> membre non humain d'une association internationale de géologues. À travers lui, ce sont environ 450 scientifiques qui explorent Mars.

### DANS CE CONTEXTE, QUEL EST LE RÔLE DU CNES ?

**S. M. :** En tant que maître d'ouvrage, le CNES est responsable de la

fourniture de nos instruments et s'investit techniquement dans leur construction. Il dispose d'experts en composants, qualité, protection planétaire, et d'autres très pointus en optique, thermique, mécanique, etc. Il conduit aussi les opérations martiennes de SAM et ChemCam à travers le Fimoc au CST. Nous nous retrouvons souvent dans des équipes mixtes où chercheurs et ingénieurs travaillent de concert. Nous avons un fonctionnement envié par bon nombre de nos collègues étrangers, y compris américains.

1. Institut de physique du globe de Paris.  
2. Méthode non destructive d'observation et de caractérisation d'un matériau.

## Profil

**2014**  
Il propose, avec Roger Wiens du Los Alamos National Laboratory, l'instrument SuperCam du rover Mars 2020.

**2011**  
Il participe à la découverte d'eau aux pôles de Mercure (mission Messenger).

**2005**  
Il propose, avec Roger Wiens du Los Alamos National Laboratory, l'instrument ChemCam du rover Curiosity.

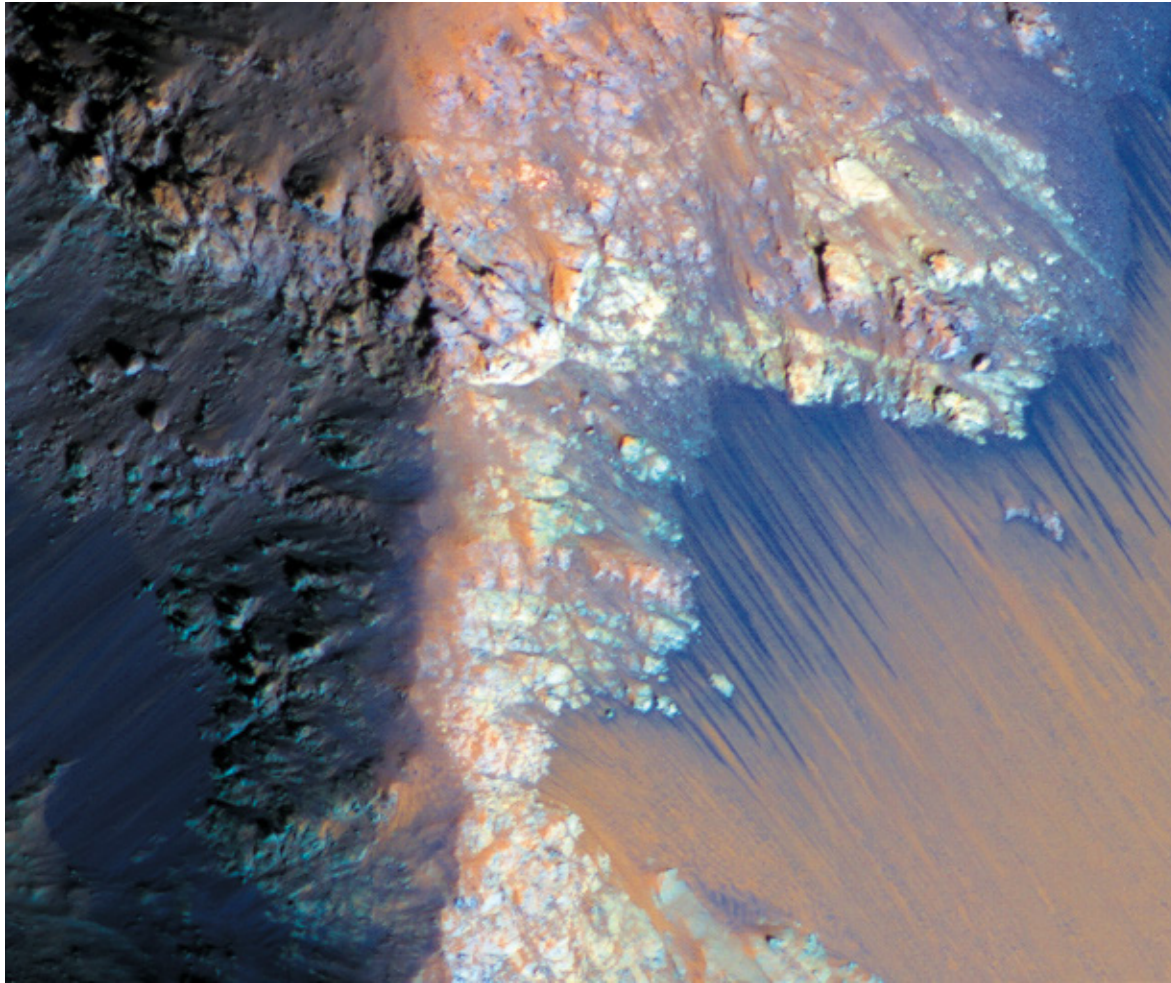
**2004**  
Il participe à la découverte d'eau sur Mars (mission Mars Odyssey) et propose, avec Fernando Rull de l'université de Valladolid, l'instrument Raman de la mission ExoMars.

**1998**  
Il participe à la découverte d'eau aux pôles de la Lune (mission Lunar Prospector).





EN IMAGES

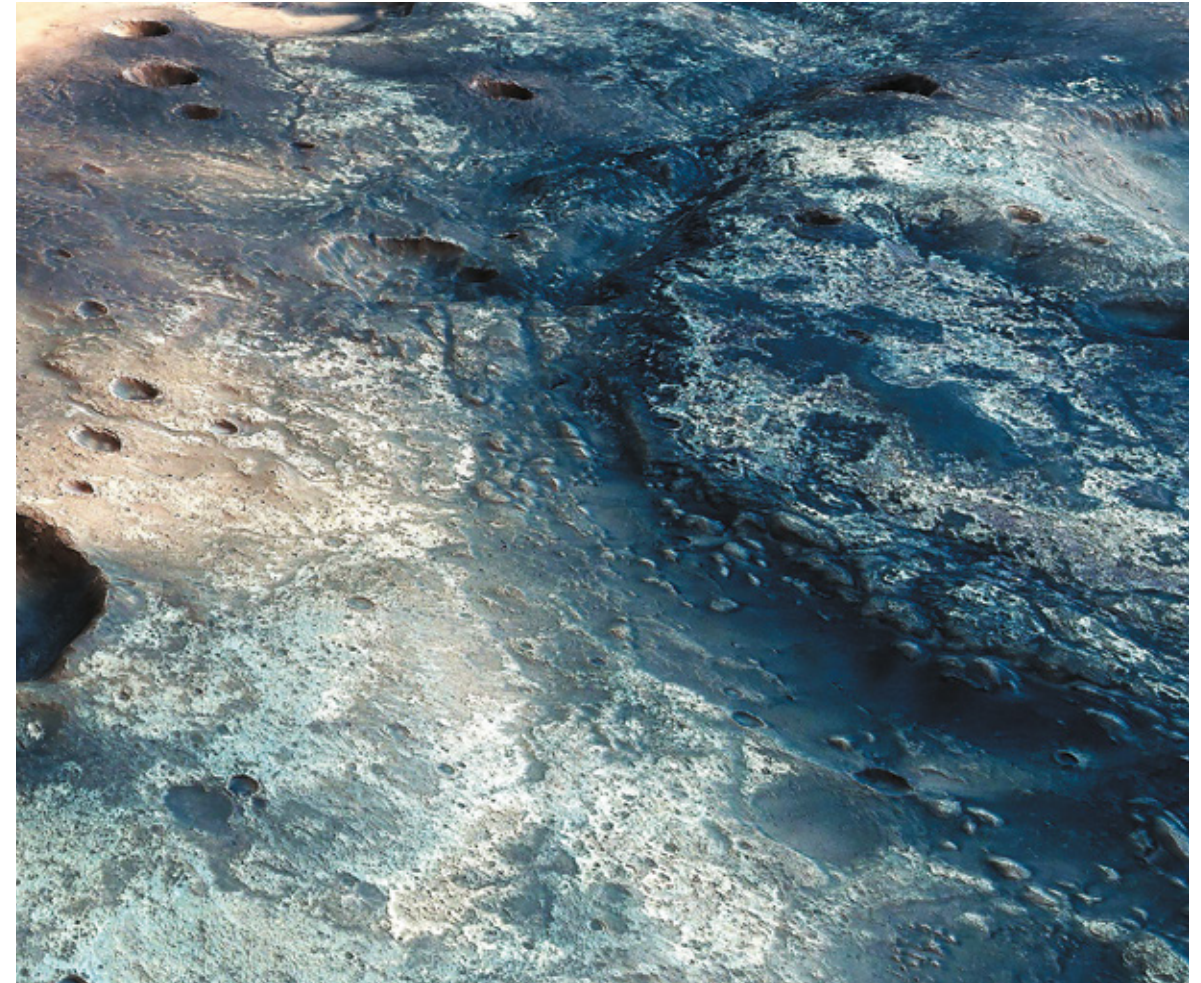


### TRACES RÉCENTES D'EAU LIQUIDE

*Sur les pentes abruptes de Coprates Chasma, partie est du gigantesque canyon Valles Marineris, de minces lignes sombres apparaissent de façon saisonnière lorsque les températures redeviennent positives. Grâce à sa résolution spatiale élevée, le spectromètre Crism de la sonde américaine Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) y a détecté des sels hydratés. Ces lignes sombres sont probablement formées par de l'eau liquide extrêmement salée suintant d'affleurements rocheux et dévalant la pente avant de s'évaporer. En effet, la faible pression atmosphérique qui règne actuellement à la surface de Mars ne permet pas à l'eau de se maintenir durablement à l'état liquide.*



EN IMAGES



### PRÉCIEUSES ARGILES

*De part et d'autre d'une très ancienne vallée depuis longtemps asséchée, l'instrument Omega de la mission européenne Mars Express a détecté la présence d'argiles (roches claires sur l'image). Les argiles sont des roches sédimentaires résultant de la lente altération de roches volcaniques en présence d'eau liquide. S'empilant parfois sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, ces argiles dénotent d'un processus étalé sur des centaines de millions d'années. À supposer que la vie soit apparue sur Mars, et aussi rapidement que sur Terre, elle aurait pu laisser des traces dans ce grand livre d'argile dont chaque couche est une page d'histoire martienne.*





## EN CHIFFRES

# 6 792 km

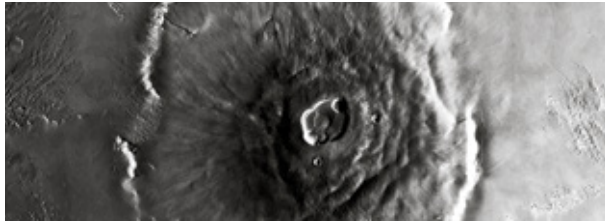


C'est le diamètre de Mars mesuré à l'équateur. Il est près de 2 fois moins grand que celui de la Terre (12 756 km). Surtout, la masse de la planète rouge ne représente que 10 % de celle de la Terre, d'où une gravité plus faible (38 % de la gravité terrestre). Des caractéristiques qui ont sans doute contribué à la disparition de l'atmosphère martienne, ses constituants s'échappant plus facilement dans l'espace.

# 145 millions de km<sup>2</sup>

C'EST LA SUPERFICIE TOTALE DE MARS, 5 millions de km<sup>2</sup> de moins que la surface des terres émergées sur la Terre. Un beau terrain de jeu pour les futurs explorateurs martiens!

## HAUTEUR



28 381 mètres séparent le point le plus haut (le volcan Olympus Mons) du point le plus bas (bassin d'Hellas Planitia) sur Mars. Sur Terre, seuls 19 759 mètres séparent l'Everest de la fosse des Mariannes.

# 24 heures 39 minutes

ET 35 SECONDES! C'est la durée du jour solaire martien, qui est donc environ 40 minutes plus long que le cycle diurne sur Terre.



# 44

MISSIONS ONT ÉTÉ LANCÉES VERS MARS entre les débuts de l'exploration spatiale et la fin 2015. Sur ce total, moins de la moitié seulement a connu le succès, et seuls 7 atterrisseurs ou rovers ont étudié Mars depuis la surface. Les chiffres tendent à s'améliorer, mais le voyage vers Mars reste un défi technologique.

# 173 °C

d'amplitude. La température moyenne rencontrée à la surface de Mars est de - 55 °C. En pratique, elle fluctue entre - 153 °C aux pôles en hiver et + 20 °C à l'équateur à midi, en été.

# ANNÉE MARTIENNE

686,96 jours terrestres sont nécessaires à la planète rouge pour boucler une orbite autour du Soleil. Cela représente un peu moins de deux années terrestres. L'axe de rotation de Mars étant incliné par rapport à la verticale de 25,2° (contre 23,4° pour l'axe de rotation terrestre), ses deux hémisphères sont également soumis au rythme des saisons.



## LE CNES EN ACTIONS

# EN ROUTE VERS MARS!

DEPUIS LES ANNÉES 1960, PLUS DE 40 MISSIONS ONT ÉTÉ LANCÉES VERS LA PLANÈTE ROUGE. UNE SAGA À LAQUELLE LE CNES, AUX CÔTÉS DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE FRANÇAISE, ENTEND PRENDRE UNE PART CROISSANTE. ÉTAPE MAJEURE DE CETTE AVENTURE : LE PROGRAMME EUROPÉEN EXOMARS, DONT LA PREMIÈRE MISSION A ÉTÉ LANCÉE LE 14 MARS 2016.

Mars prise durant l'été martien à moins de 10 000 km de sa surface par la sonde européenne Mars Express. Sa calotte glaciaire (zone blanche sur l'image), située au pôle Sud, est formée d'eau gelée et de glace de dioxyde de carbone.



## LE CNES EN ACTIONS

**D**ans un monde idéal, les premiers échantillons de sol martien seraient déjà arrivés sur Terre grâce à une sonde spatiale française. C'était en effet l'ambition de Mars Premier (pour Programme de retour d'échantillons martiens et installation d'expériences en réseau). De 1998 à 2002, la France a caressé l'espoir de conduire cette première, en partenariat bilatéral avec les États-Unis. Prévus pour être lancés par une fusée Ariane 5, Mars Premier devait rejoindre un satellite américain en orbite martienne, lui-même reparti de la planète rouge après y avoir collecté des échantillons. Une fois le conteneur récupéré, il ne restait plus qu'à revenir vers la Terre et à y larguer une capsule de rentrée atmosphérique contenant

26

**mois**  
séparent deux  
fenêtres de tir  
vers Mars, le temps  
que la Terre et  
la planète rouge  
se retrouvent dans  
une configuration  
minimisant  
le temps de vol.

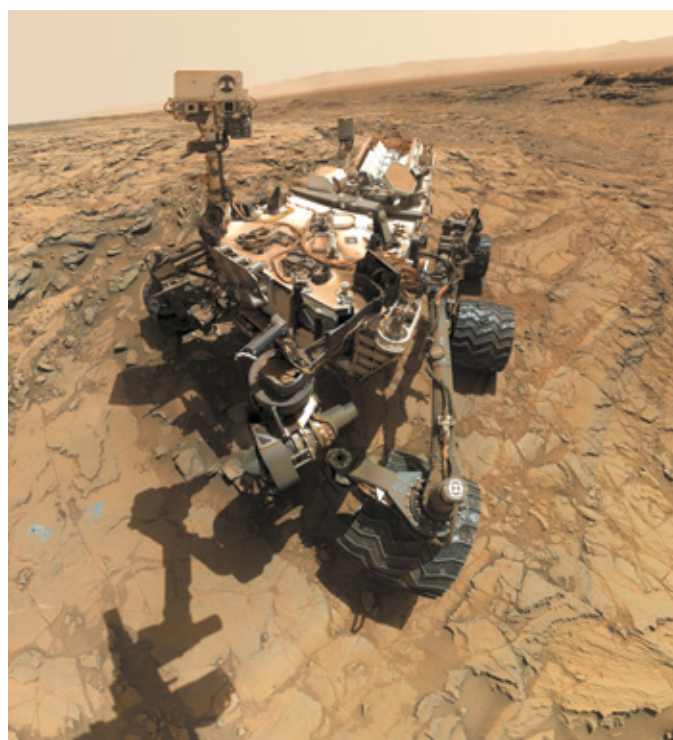
les précieux échantillons. Malheureusement, les bonnes idées initiales se heurtèrent rapidement au coût et à la complexité de la mission, laquelle nécessitait pas moins de trois lancements. Résultat : le projet fut interrompu dès 2002.

### MARS ET LE CNES : UNE DÉCEPTION ET ÇA REPART

Ce coup dur ne fut pas, tant s'en faut, le point final de l'aventure martienne pour la communauté scientifique française. Dès 2003, le CNES continua d'apporter un soutien constant à ses laboratoires partenaires, en exploitant les connaissances déjà acquises. « Nous avons beaucoup investi dans les instruments Omega et Spicam, dont les modèles de rechange se sont finalement envolés sur Mars Express, avec le succès que l'on sait », rappelle Francis Rocard, responsable du programme d'exploration du système solaire du CNES. Quant au sismomètre Optimism, c'est sous la forme de Seis qu'il renaîtra en devenant l'instrument principal d'InSight. « Lorsque l'on a pour ambition d'explorer Mars, il faut être persévérant », renchérit Fabienne Casoli, directrice adjointe de l'innovation, des applications et de la science. « Le CNES soutient depuis longtemps la planétologie française et l'exploration robotique du système solaire, en partenariat avec l'institut national des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS et les organismes de recherche. Si la communauté scientifique française en planétologie est la deuxième au monde derrière celle des États-Unis, notre investissement auprès d'elle n'y est pas pour rien. »

### UNE EXPERTISE INCONTOURNABLE

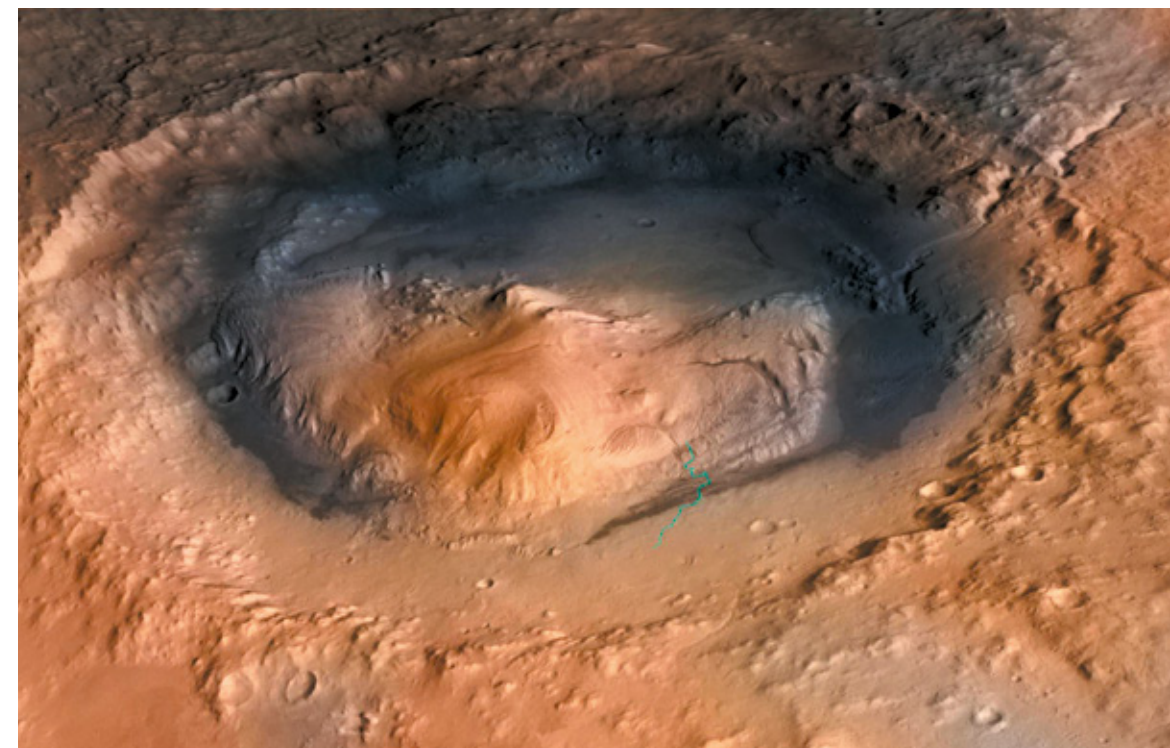
L'investissement du CNES va bien au-delà d'un simple rôle de bailleur de fonds. Le centre joue un rôle incontournable d'interface entre chercheurs et industriels du spatial et saisit toutes les opportunités de faire voler ces expériences françaises. Surtout, dans un contexte de plus en plus compétitif, il offre aux scientifiques un support qui donne à leurs projets les meilleures chances d'être



Selfie du rover Curiosity depuis Mars.



## LE CNES EN ACTIONS



Site d'atterrissage du rover Curiosity : le cratère Gale dont le diamètre mesure 154 kilomètres.

567

**millions de kilomètres**  
parcourus entre  
la Terre et Mars par  
Curiosity, 10 fois la  
plus courte distance  
entre les 2 planètes.  
Les trajectoires  
vers Mars sont des  
arcs d'ellipses, pas  
des lignes droites.

retenus. « La plupart des missions planétaires américaines sont aujourd'hui décidées sur la base d'appels à propositions, souligne Fabienne Casoli. Les propositions de nos scientifiques se trouvent en concurrence avec des dizaines d'autres au niveau mondial. Le CNES doit alors réagir très vite en mettant sur pied des équipes projets afin d'aider laboratoires et industriels à rendre crédibles leurs propositions. »

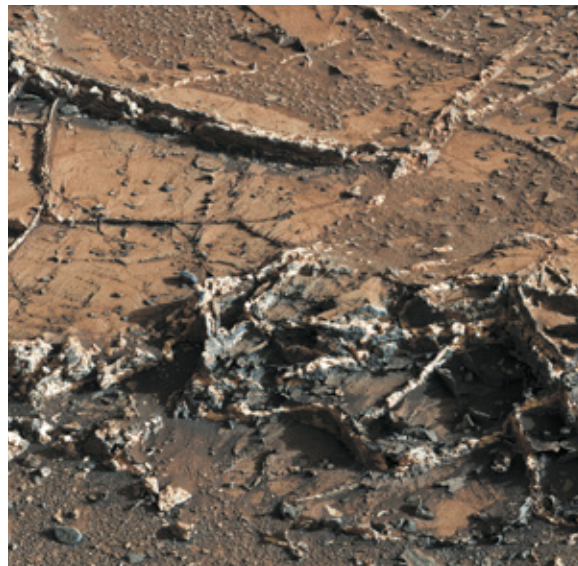
### DE LA SUITE DANS LES IDÉES

Une des meilleures illustrations de la pertinence de cette approche vient sans doute de la mission Mars Science Laboratory et du rover Curiosity. Les deux instruments embarqués sur ces équipements, SAM et ChemCam, comportent une très forte contribution française, avec notamment le

premier laser mis en œuvre sur Mars. Et c'est encore le cas avec Seis, instrument principal de la future mission InSight, ou SuperCam sur Mars 2020. « C'est un cercle vertueux, poursuit Fabienne Casoli. Le CNES est vecteur d'innovation en faisant grandir les idées des chercheurs. Il soutient les réalisations des industriels. Cette expertise globale contribue à crédibiliser la recherche française aux yeux de nos partenaires internationaux et autorise nos scientifiques à imaginer des projets toujours plus ambitieux. » Comme une mission qui consisterait à ramener sur Terre des échantillons martiens ? Nul doute qu'en cas de nouvelle opportunité, le CNES saurait démontrer qu'il a de la suite dans les idées !



Formation d'argiles dans la baie de Yellowknife (Curiosity).



L'équipe du Fimoc assure la surveillance, la programmation des instruments, la récupération et le traitement des données scientifiques de la mission MSL. De gauche à droite : Eric Lorigny (Fimoc), Samuel Teinturier (Latmos), Arnaud Buch (ECP).

## CURIOSITY SUR LA ROUTE D'AEOLIS MONS

Le rover Curiosity arpente Mars depuis août 2012. Il poursuit sa progression vers Aeolis Mons, la montagne occupant le centre du cratère Gale. Ses instruments nous ont déjà beaucoup appris sur l'histoire de la planète.

**337 000** Nombre de tirs déjà effectués par le laser de ChemCam depuis son arrivée sur Mars. Chacun ne dure que quelques nanosecondes.

**S'**élevant à 5 500 mètres au milieu du cratère Gale, Aeolis Mons reste la destination ultime du rover Curiosity. « Curiosity devrait y parvenir avant l'été », estime Francis Rocard, responsable du programme d'exploration du système solaire du CNES. C'est en effet sur les premiers contreforts de cette montagne que se trouvent les strates géologiques les plus intéressantes de la région. Ces minces feuillets d'argile ont été arrachés aux roches environnantes par l'érosion, puis charriés par l'eau qui baignait jadis ce cratère. Ils ont peut-être conservé, à la façon des herbiers de notre enfance, les traces des constituants d'une vie primitive sous forme de molécules organiques.

### L'HABITABILITÉ DE MARS DÉMONTRÉE

L'accès aux zones argileuses prend plus de temps que prévu du fait d'une longue dune de sable noir qu'il est préférable de contour-



ner. Curiosity n'a cependant pas perdu son temps en chemin. Son instrument ChemCam lui permet de révéler à distance la composition des roches situées dans un rayon de 7 mètres. Surtout, Curiosity a aussi découvert que Mars a bien été habitable dans un lointain passé. La confirmation en a été apportée au fond d'une dépression de terrain appelée Yellowknife Bay. « En procédant à un forage, Curiosity a révélé que dès le premier centimètre, la couleur de la roche passe du rouge au gris bleu, signe qu'il s'agit d'un milieu non oxydé. Les analyses menées par SAM sur la poudre du forage ont montré que ce milieu pourrait être habitable par des bactéries s'il était baigné par de l'eau liquide », poursuit Francis Rocard. Et ce qui est vrai aujourd'hui l'était tout autant il y a 4 milliards d'années.

### À TOULOUSE, LE FIMOC À L'HEURE AMÉRICAINE

SAM, ChemCam, ces deux outils dont on vient de voir le rôle essentiel sont opérés une semaine sur deux depuis le Fimoc, le Centre d'opération des instruments français sur Mars. « C'est la première fois en Europe que l'on participe à l'exploration d'une planète en opérant un laboratoire mobile, et c'est en France que ça se passe », se réjouit Éric Lorigny, son responsable. Une fierté qui impose de fortes contraintes. « Nous vivons à l'heure du IPL, en Californie. Lorsque la journée commence là-bas à 8 heures, il est 17 heures en France. Et notre "journée" ne s'arrête pas avant 3 heures du matin. » Mais les équipes gardent une motivation intacte. « Il y a un côté magique. Même si c'est par robot interposé, nous Français sommes parmi les premiers pionniers à creuser des trous sur Mars ! » s'enthousiasme Éric Lorigny. La mission a été prolongée au moins jusqu'à l'été 2016 afin d'atteindre les argiles tant convoitées. En attendant, les opérateurs du Fimoc continuent de vivre leur rêve éveillé au milieu de la nuit.

**+** PLUS D'INFOS : [MSL-CURIOSITY.CNES.FR](http://MSL-CURIOSITY.CNES.FR)



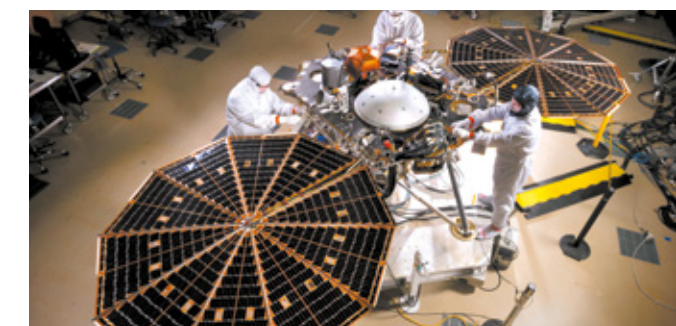
## INSIGHT VOYAGE AU CŒUR DE LA PLANÈTE ROUGE

À l'horizon 2018, la mission InSight tentera de percer le mystère de la structure interne de Mars. Un moyen de mieux comprendre la formation et le destin des planètes rocheuses... Comme notre propre Terre !

**R**évéler la composition interne de Mars : ainsi peut-on résumer l'ambition d'InSight, la mission d'exploration qui pourrait être conduite par la NASA à partir de 2018. Pour nous autres Terriens, InSight présente un enjeu direct. En effet, dévoiler les mécanismes par lesquels sa structure interne a pu influencer sur son destin serait riche d'enseignements sur l'habitabilité future de notre planète.

### UN INSTRUMENT RÉVOLUTIONNAIRE

Si l'aventure d'InSight reste à écrire, son origine remonte à 2010, lorsque l'agence américaine lance un appel à propositions pour une



Test sur les panneaux solaires d'InSight dans une salle blanche à Lockheed Martin Space Systems, Denver (USA), en avril 2015.



■ mission de planétologie dans le cadre de son programme Discovery. Aussitôt, les scientifiques y voient l'opportunité de proposer un instrument exceptionnel. À commencer par les chercheurs français de l'Institut de physique du globe de Paris, qui travaillent depuis plusieurs années à la mise au point du sismomètre Seis, un concept instrumental révolutionnaire. « Seis se caractérise par sa très grande sensibilité, souligne Philippe Laudet, chef de projet CNES de l'instrument. Il peut être comparé à un stéthoscope qui écouterait les battements du cœur de Mars pendant au moins deux ans. » Et c'est ainsi qu'un instrument français, fruit d'un partenariat exemplaire entre l'IPGP et le CNES, se retrouve sélectionné par la NASA pour l'une de ses futures missions martiennes.

#### MESURER LES ÉCHANGES DE TEMPÉRATURE

Seis, dont l'ancêtre, Optimism, se trouvait déjà à bord de la mission Mars 96, bénéficie d'une sensibilité bien supérieure aux sismomètres terrestres. Pour une raison simple : les signaux qu'il devra détecter sont beaucoup plus faibles que ceux émis sur Terre. Il est en effet probable que Mars ait une activité sismique très réduite. Par chance, la mince atmosphère de Mars laisse passer la plupart des cailloux célestes qui croisent quotidiennement sa route. Seis sera capable de percevoir la façon dont les ondes provoquées par ces impacts de météorites se propagent, et d'en déduire la structure interne de la planète rouge. Alliée de poids dans cette tâche, Phobos, la plus grande des deux lunes de Mars. Passant à moins de 6 000 kilomètres de la surface martienne, Phobos y déclenche des marées solides susceptibles de provoquer des craquements dont Seis saura tirer profit. En parallèle de Seis, HP3, un capteur de flux de chaleur fourni par le DLR, l'agence spatiale allemande, s'enfoncera 5 mètres sous la surface martienne. Ce capteur pourra ainsi déterminer les échanges de température entre la surface et le sous-sol. La mission InSight devrait ainsi fournir des données précieuses pour approfondir l'étude géophysique de Mars.

PLUS D'INFOS : [INSIGHT.CNES.FR](https://www.insight.cnes.fr)

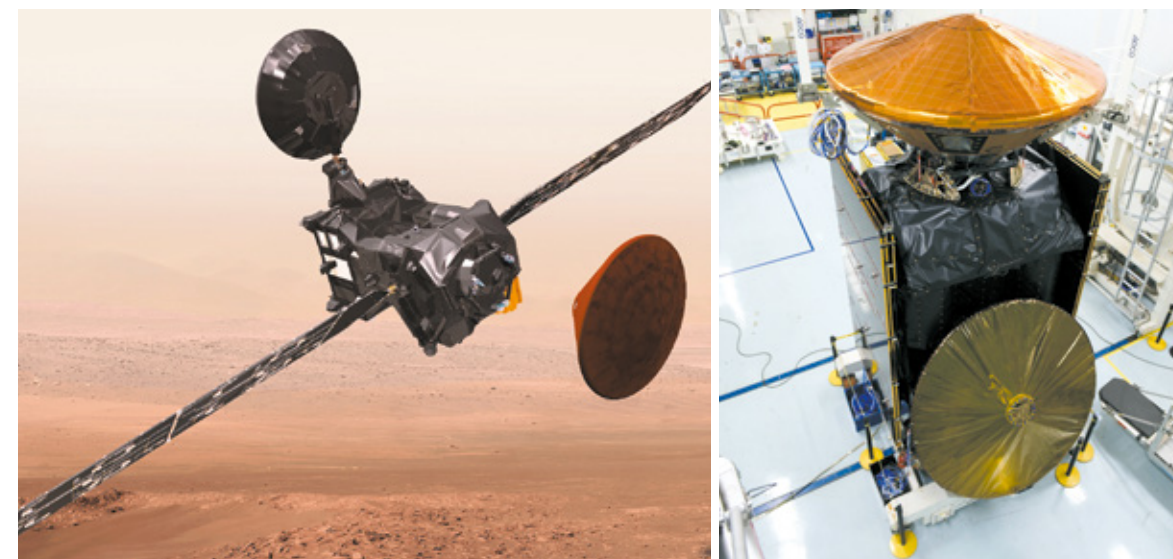
## EXOMARS L'EUROPE EN QUÊTE DE VIE MARTIENNE

*La planète rouge a-t-elle abrité la vie ? C'est la question fondamentale à laquelle doit répondre le programme européen-russe ExoMars. C'est aussi l'occasion pour l'Europe de démontrer, avec les missions de 2016 et 2020, ses capacités à évoluer sur le sol martien.*

L'exploration martienne est une longue marche où le moindre pas prend un peu plus de deux ans. Deux ans, c'est le temps qui sépare chaque fenêtre de lancement, du fait de la rotation de la planète rouge. Pour ExoMars, ce premier pas a eu lieu le 14 mars 2016 avec le lancement depuis Baïkonour d'une fusée russe Proton. À l'issue du voyage, elle placera sur une trajectoire martienne un duo composé de l'orbiteur TGO (Trace Gas Orbiter) et de l'atterrisseur Schiaparelli. Tandis que TGO restera en orbite



Illustration du rover ExoMars 2020.



À gauche : La mission Exomars 2016 composée de l'orbiteur TGO et de l'atterrisseur Schiaparelli / À droite : Intégration de Schiaparelli sur le sommet de l'orbiteur chez Thales Alenia Space à Cannes.

afin d'étudier l'atmosphère martienne, Schiaparelli jouera un rôle de démonstrateur. « Schiaparelli sera le banc d'essai des technologies nécessaires à la mise au point d'un atterrissage sur Mars », résume Michel Viso, responsable des programmes d'exobiologie du CNES.

#### TRACES DE VIE

La deuxième phase de la mission, ExoMars 2020, capitalisera sur l'expérience d'ExoMars 2016 pour aller plus loin : poser sur la planète rouge un véhicule doté d'une charge utile, Pasteur, capable de détecter des traces de vie. « Pasteur recherchera des molécules organiques complexes qui pourraient être les traces d'un métabolisme passé », poursuit Michel Viso. C'est en effet le propre du vivant de transformer des éléments simples, par exemple les acides aminés, en molécules plus complexes, les protéines. Ces protéines étant détruites par les conditions très hostiles qui règnent à la surface de Mars, le véhicule d'ExoMars 2020 sera équipé d'une foreuse pour prélever des échantillons en profondeur. Ils seront alors analysés par la suite instrumen-

tales de Pasteur. Les résultats seront relayés vers la Terre par TGO, toujours en orbite.

#### TECHNOLOGIE ET RECHERCHE FRANÇAISES

L'industrie française est très présente sur ExoMars. L'établissement cannois de Thales Alenia Space fournit entre autres des éléments pour TGO, tandis que la branche aquitaine d'Airbus Defence and Space, disposant d'un savoir faire unique en Europe, réalise les protections thermiques. Sur ExoMars 2020, deux instruments scientifiques seront sous responsabilité française : MicrOmega, caméra opérant dans le visible et l'infrarouge, et Wisdom, un radar chargé d'étudier le sous-sol. Trois autres instruments, Moma, RLS et Clupi, bénéficieront également de participations françaises. Outre le financement de la contribution française, le CNES collabore avec l'ESA à l'étude de l'entrée atmosphérique de Schiaparelli et fournit les logiciels de navigation du véhicule d'ExoMars 2020.

PLUS D'INFOS : [EXOMARS.CNES.FR](https://www.exomars.cnes.fr)

1500

degrés Celsius

C'est la température endurée par le bouclier thermique de Schiaparelli lors de la traversée de l'atmosphère martienne.



LE CNES EN ACTIONS



## UNE SUPERCAM POUR MARS 2020

À l'été 2020, la NASA lancera à son tour une mission dédiée à la recherche de traces de vie sur Mars. Un projet qui prépare aussi un retour d'échantillons martiens.

**S**itôt après l'atterrissage réussi de MSL en août 2012, la NASA annonçait qu'une mission du même type serait lancée en 2020. Là où MSL s'était attachée à la question de l'habitabilité, cette nouvelle mission se concentrera cette fois sur la recherche de signatures du vivant. Le CNES, ses partenaires du CNRS et des universités, fourniront une pièce maîtresse de la mission, le boîtier externe de SuperCam, dont la France assure la coresponsabilité scientifique et technique. Cette version améliorée de ChemCam entend toujours mesurer à distance la composition des roches et des sols de Mars grâce à son laser infrarouge. Mais SuperCam aura deux nou-

velles cordes à son arc : des spectromètres Raman et infrarouge qui vont analyser toujours à distance, soit l'émission des roches stimulée par un laser vert, soit la lumière du Soleil réfléchie sur ces mêmes roches. Dans les deux cas, il s'agit de remonter à la minéralogie, c'est-à-dire à la façon dont les atomes sont liés en molécules, un diagnostic pertinent pour la découverte de chimie organique. SuperCam emportera également une caméra couleur de très haute définition capable de déterminer la texture et le contexte des cibles analysées. Une fois les zones susceptibles de contenir de la matière organique repérées, le véhicule s'en approchera et collectera des échantillons qu'il placera dans des conteneurs. La décision de rapporter ces conteneurs sur Terre pour des analyses approfondies sera prise par la suite, en fonction de la qualité des échantillons et des ressources budgétaires disponibles pour financer une telle mission. L'instrument en cours de construction sera livré en 2018 au Los Alamos National Laboratory pour être intégré aux spectromètres américains, puis au Jet Propulsion Laboratory (JPL) pour prendre sa place sur la tête du rover.

**PLUS D'INFOS :** [SUPERCAM.CNES.FR](http://SUPERCAM.CNES.FR)

MATIÈRE

# UN BIDON ULTRA-SÉCURISÉ

**LE RETOUR SUR TERRE D'ÉCHANTILLONS MARTIENS NE RELÈVE PLUS DE LA SCIENCE-FICTION.**

Il se prépare sans occulter les dangers biologiques que ces échantillons pourraient représenter. Pour pallier tout risque de contamination de la biosphère terrestre, ils doivent transiter sous haute protection lors de leurs analyses au laboratoire. Le CNES a breveté un dispositif de transport ultra-sécurisé. Les échantillons sont insérés dans des capillaires de silice pure aux parois ultra-fines (10 µm). Ceux-ci sont ensuite confinés dans trois enceintes étanches, pourvues de fenêtres et emboîtées à la façon des poupées russes. Rayons X, Raman ou infrarouge, les échantillons peuvent alors être analysés à travers les fenêtres et dans différents laboratoires, le tout, en toute sécurité. Ce mini-laboratoire de haute sécurité de type « P4 » pourrait aussi être utilisé pour le transport et l'analyse de produits toxiques.





INSTANTS T



INSTANTS T

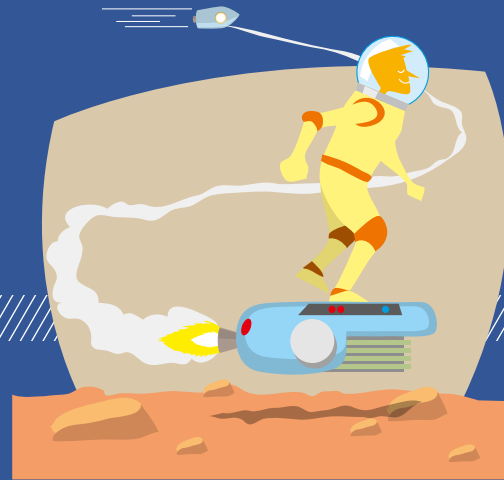
L'EXPLORATION HUMAINE DE MARS SERA À N'EN PAS DOUBTER LA GRANDE AVENTURE SPATIALE DU XXI<sup>e</sup> SIÈCLE. MAIS RIEN N'EST ENCORE GAGNÉ. TOUR D'HORIZON DES GRANDS DÉFIS QUI RESTENT À RELEVER AVANT DE FAIRE LE GRAND SAUT.



### PROPULSION

## PARTIR... ET REVENIR!

La propulsion sera la clé du voyage vers Mars : plus le temps de parcours sera bref, moins la santé des astronautes sera en péril à cause des radiations d'origine solaire et galactique qu'ils recevront durant le voyage. Si les lanceurs classiques comme Ariane sont indispensables pour placer en orbite les masses considérables nécessaires à une mission habitée, le voyage de l'orbite terrestre à l'orbite martienne gagnerait à se faire avec un moteur plasmique, capable de réduire le temps de parcours de 6 mois à 6 semaines. Mais ce moteur, qui nécessiterait l'emport d'une mini-centrale nucléaire dans l'espace, n'existe encore qu'à l'état de prototype à échelle réduite, et n'a jamais volé.



### ATTERRISSAGE

## SE POSER SANS DANGER

Mars a suffisamment d'atmosphère pour qu'il faille s'en préoccuper, mais pas assez pour s'y freiner efficacement avec bouclier thermique et parachute. Les solutions à base d'airbags, adaptées pour des masses de l'ordre de 500 kg (Spirit et Opportunity) ne le sont déjà plus lorsqu'on approche la tonne (Curiosity). Reste la descente pilotée avec freinage par rétrofusées, une solution gourmande en carburant et donc en masse. Une solution pourrait être de faire descendre l'équipage dans une petite navette réutilisable pour le redécollage. Le reste du matériel, supportant des décélérations plus brutales, pourrait être acheminé avec des systèmes plus spartiates.



### SURVIE

## PRODUIRE SES PROPRES RESSOURCES

Les premiers explorateurs martiens devront impérativement tirer une partie de leur subsistance de ce qu'ils trouveront sur Mars. Si se procurer de l'eau à partir du sous-sol gelé semble possible, il faudra aussi produire de l'oxygène, soit par électrolyse de l'eau, soit à partir du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Il sera également nécessaire de produire sur place des ergols comme le méthane pour alimenter les moteurs de la navette de retour sur orbite martienne. Quant à faire pousser des légumes comme dans Seul sur Mars, c'est envisageable, mais en hydroponie ou hors-sol, sans contact avec le sol martien. Celui-ci est en effet saturé de perchlorates, des substances toxiques pour l'organisme, très difficiles à décontaminer.

1. Les racines plongent dans un liquide nutritif qui leur sert d'ancrage.



### ENDURANCE

## GARDER LA SANTÉ... ET LE MORAL!

Pendant le trajet, les principaux dangers viendront des effets de la microgravité (perte du capital osseux et déconditionnement cardiovasculaire) et des radiations cosmiques ou solaires potentiellement cancérogènes. L'aspect psychologique est aussi à prendre en compte car pendant une partie du voyage, les astronautes, ayant perdu toute référence visuelle, auront l'impression de ne pas avancer. Ils seront également confinés dans un volume restreint et ne pourront plus, du fait de la vitesse finie des ondes électromagnétiques, communiquer en direct avec leurs proches restés sur Terre.



RENCONTRES

# JEAN-PIERRE BIBRING

Astrophysicien à l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS) d'Orsay – responsable scientifique français de Philae.

« Notre génération est en train de construire l'épopée martienne. »



Au XVI<sup>e</sup> siècle, Jean-Pierre Bibring aurait peut-être connu le même sort que Giordano Bruno : brûlé vif pour hérésie ! Le temps de la vision simpliste d'une « Terre unique, centre du monde » est bel et bien révolu. **« Nous sommes dans un processus d'évolution de notre vision de la Terre, en termes d'espace et de temporalité », constate Jean-Pierre Bibring. Et l'apport du spatial y est essentiel.** En 2004, quand il découvre les argiles martiennes, c'est avec l'aide des observations du spectro-imageur Omega de la mission européenne Mars Express. Majeure, « cette découverte montrait que l'eau avait été présente sur Mars, très tôt dans son histoire, de manière stable

pendant assez longtemps pour créer des conditions similaires à celles qui ont permis l'émergence de la vie sur Terre. Des terrains en ayant préservé la mémoire ont été identifiés et localisés ». **« Quand et pourquoi l'évolution de Mars s'est-elle différenciée de celle de la Terre ? Mars en a la clé. »**

Et nous n'en sommes qu'au début de la saga : si l'eau est le premier élément de vie, le second, ce sont les grains carbonés. « Les comètes ne sont pas faites que de glace mais aussi de grains carbonés, qui ont pu jouer un rôle majeur : Philae les a identifiés, mais pas encore complètement caractérisés. » Également responsable scientifique de Philae,

Jean-Pierre Bibring sait que « Mars, Rosetta, posent des jalons importants dans la connaissance du système solaire ». Et il voit au-delà. « La diversité qui caractérise le système solaire se retrouve à l'échelle de notre galaxie, où de nombreux autres systèmes sont en train d'être découverts, à la fois semblables et très différents. » **Passionné par cette épopée, il loue aussi la recherche publique française.** « Nos laboratoires spatiaux constituent une spécificité nationale très féconde, permettant un partenariat unique avec le CNES, et le meilleur du tissu industriel spatial. » Une manière d'explorer l'espace en gardant les pieds sur Terre.



RENCONTRES

# FRANCIS ROCARD

Responsable du programme InSight au CNES.

« Avec le projet InSight, nous ouvrons une nouvelle page dans la connaissance de l'intérieur de Mars. »



**Pour Francis Rocard, Mars n'est pas qu'une planète rouge. C'est aussi le fil conducteur de son parcours personnel.** Dès 1988, jeune astrophysicien au CNRS, il se penche sur l'étude minéralogique de la surface de Mars avec la mission soviétique Phobos-88. Lorsqu'il entre au CNES en 1989, il élargit son champ d'exploration à l'ensemble du système solaire. Mars est toujours dans son viseur, au point qu'il lui dédie des ouvrages érudits<sup>1</sup>. « Depuis deux décennies, Mars fait l'objet de recherches incessantes. Les avancées des technologies spatiales ont eu un impact fondamental sur les travaux des planétologues », fait-il remarquer. Et même si l'histoire des missions comporte quelques aléas, Francis Rocard

reste enthousiaste : « Dans le spatial, il faut être optimiste même si on n'aboutit pas toujours très vite. » **Avec le projet InSight, dont il a la responsabilité programmatique, « nous entrons dans une phase fascinante ».** Ce qui l'enthousiasme, ce n'est pas tant la récurrente recherche de la vie sur Mars, une thématique somme toute classique. « Ce qui est passionnant c'est qu'InSight est atypique : on va sonder l'intérieur de la planète, évaluer s'il y a eu des tremblements de sol, des impacts de météorite, des ondes dans le sous-sol provoquées par des effets de marée... » Et surtout, « on va savoir si Mars est une planète géologiquement morte », étudier les origines de la

dichotomie entre Sud et Nord, etc. Pour cela, Seis, le sismomètre « made in CNES », sera, pour lui, un allié sûr : « Nous avons, avec l'Institut de physique du globe de Paris, le meilleur sismomètre spatialisé et le choix de la NASA l'a confirmé. » Enfin, à son poste, Francis Rocard reconnaît : « Le CNES est au cœur d'un consortium américano-européen. **La coordination est un facteur-clé. Dans un projet comme celui-ci, il faut que tout le monde soit à l'heure.** » Un vrai challenge. Reste le meilleur : soulever encore un peu plus le voile sur les mystères de l'Univers.

1. Planète rouge : dernières nouvelles de Mars (Dunod) et Mars, une exploration photographique (Xavier Barral).





RENCONTRES

# PHILIPPE LOGNONNÉ

Planétologue à l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), professeur à l'université Paris Diderot.

« La recherche spatiale est un mélange de science exacte et de science expérimentale. »



Responsable scientifique de l'instrument Seis pour InSight, **Philippe Lognonné suit une trajectoire « atypique » qui l'a rendu prudent, mais pas défiant.** Dès 1989, à la fin de sa thèse au sein de l'IPGP, il est associé à Optimism, une expérience de sismologie martienne dans le cadre du projet russe Mars 94. À la clef pour l'Institut de physique du globe de Paris, le déploiement de deux stations sismiques sur la planète rouge : « Le spatial n'était pas un domaine familier pour l'institut mais on m'a fait confiance. » L'échec de la mission russe, en 1996, n'entame pas son enthousiasme. « L'intérêt des technologies spatiales pour l'exploration géophysique de nouvelles planètes

était intact. Le lancement avait été nominal mais à 4 heures du matin, le rêve était brisé ! » **Philippe Lognonné contribuera au total à une dizaine de projets martiens** soit non sélectionnés soit abandonnés, dont **Netlander, avec le CNES et la NASA, puis Humboldt, un projet de station géophysique à bord de la future mission ExoMars 2020 de l'ESA.** À son tour, InSight, dont l'objectif principal est de déployer cette station géophysique tant attendue, vient d'être retardé ! Mais le planétologue veut voir le verre à moitié plein : « Une mission spatiale vers Mars n'est pas un petit projet. Il faut relativiser sa contribution personnelle. Par ailleurs, en tant qu'ensei-

gnant-chercheur, j'ai gardé la satisfaction de partager ces rêves d'exploration avec mes étudiants. » **Avec InSight, Philippe Lognonné poursuit avec confiance « une aventure humaine extraordinaire ».** « La collaboration avec le JPL et tous les partenariats sont exceptionnels. L'envie de réussite est collective », souligne-t-il. Vingt-cinq ans après ses premiers pas vers Mars, il reste confiant : « Nos projets sont souvent sélectionnés et justifiés par les connaissances actuelles ou ce que nous imaginons à partir de ces connaissances. Le plus intéressant reste ce qui n'a jamais été pensé ou vu ; c'est l'imprévu qui sera la plus-value d'InSight. »

Historien des sciences et théologien, Jacques Arnould est chargé de mission pour les questions éthiques au CNES.



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

## ROUGE UTOPIE

*Voisine de la Terre, la planète Mars n'a jamais cessé de fasciner les humains, d'en stimuler l'imaginaire, de provoquer le rêve d'un ailleurs possible. Beau mouvement, qui ne doit pourtant pas oublier de faire preuve de raison.*

**M**ars n'est pas Vénus et pourtant, dans son miroir teinté de rouge, se reflètent nombre de nos rêves et de nos cauchemars, de nos espoirs et de nos craintes. Ne cherchons surtout pas à les dissimuler, encore moins à les ignorer ; au contraire, laissons-les naître au fil des pages de nos romans de science-fiction et sur l'écran de nos cinémas, dans les austères rapports d'avancement des programmes scientifiques et les propositions écervelées de voyage interplanétaire. Et prenons soin de raison garder. Tel était le projet de Thomas More lorsqu'il forgea le terme d'utopie pour en faire le titre d'un ouvrage publié en 1516. Il lui associait une double étymologie, celle d'eu-topos pour désigner un « lieu de bonheur » et celle ou-topos pour indiquer un « non-lieu ». La planète rouge n'est évidemment, dans l'état actuel de nos connaissances, ni l'un ni l'autre : les scientifiques sont aujourd'hui capables de nous décrire, avec grande précision, les territoires martiens aux conditions si extrêmes. Mais More lui-même ne s'intéresse guère aux conditions naturelles de l'île d'Utopie ; seule la société humaine qu'il y a installée retient son attention, avec sa peur de manquer et son économie collectiviste. Une manière pour lui de critiquer la société anglaise au sein de laquelle lui-même habite qu'il juge individualiste. Osons-nous faire de même, au spectacle de nos réalisations

et de nos rêves martiens ? Sommes-nous prêts à souligner les ambiguïtés, les paradoxes, les contradictions qu'ils recèlent ?

### LA RAISON, PRÉCAUTION NÉCESSAIRE

Que penser en effet de ces projets de colonisation qui font fi des capacités technologiques, actuelles ou accessibles dans un proche futur, pour promettre à l'humanité une planète de secours ? Auraient-ils oublié les recherches qui sont entreprises autour de Mars et surtout à sa surface pour mieux en connaître les caractéristiques physico-chimiques et rechercher les traces d'une vie présente ou passée ? Auraient-ils oublié les précautions avec lesquelles les scientifiques envoient des sondes vers Mars, les manoeuvrent au sol, un jour sans doute ramèneront des échantillons martiens sur Terre ? Ne conviendrait-il pas d'en savoir davantage sur notre voisine rouge avant de penser à la conquérir, à la coloniser, à s'y enfuir ? Toute exploration véhicule une part d'utopie : les humains n'ont jamais cessé de s'imaginer ailleurs, de rêver cet ailleurs, avant de franchir les frontières du monde connu pour affronter l'inconnu. Un tel mouvement n'est jamais anodin, qu'il se transforme en une colonisation ou qu'il s'achève par un retour chez soi, « plein d'usage et raison ». Et si nous prenions le temps de découvrir Mars et, par le biais de ses inévitables et indispensables utopies, de redécouvrir notre humanité ?



EN VUE

## EXPOSITION TEMPORAIRE UN RÊVE, DES EXPLOITS



Avec l'exposition « L'espace, quelle histoire! », à la Cité de l'espace (Toulouse) jusqu'en août 2016, découvrez les idées qui ont nourri l'imaginaire de nos ancêtres et revivez les grandes premières spatiales dans leur contexte d'époque. Anecdotes, objets vintage, engins improbables... Plongez 50 ans en arrière et revivez les frissons de cette grande épopée.

## CALCULS Mars à la recherche du Nord

Peut-on imaginer, qu'aujourd'hui encore, on ignore toujours où se trouve le nord géographique de Mars? On a beau la tourner dans tous les sens, impossible de le situer. Un moyen : le gnomon, une découverte datant de 2000 ans avant J.-C.! Utilisé par les Babyloniens, ce bâton sera fixé sur le sommet du sismomètre Seis. Son ombre portée fournira des indications en fonction de l'heure sur Terre et de la position géographique du sismomètre sur Mars. « On aura trois jours pour déterminer avec une grande précision la position du Nord martien », précise Denis Savoie, directeur de la médiation scientifique et de l'éducation au Palais de la découverte - Cité des sciences et de l'industrie. Denis Savoie a déjà prévu de consacrer trois jours à ces calculs en 2018.

## LIVRES

**#Système solaire** - Comment notre système solaire s'est-il formé? L'ordre des planètes est-il le fruit de quelques grands coups de billard cosmique? Un livre cosigné par deux auteurs CNES, l'astrophysicien Francis Rocard et l'ingénierie en planétologie Florence Chiavassa.

**Quelle est la véritable histoire du système solaire?** Francis Rocard et Florence Chiavassa, Le Pommier, 2014, 128 pages, 7,90 €

**#Fiction** - À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Marcel Moye, membre de l'Académie des sciences, rédige une fiction inédite et visionnaire.

**Jean-Michel Faidit** reprend ce texte dans un souci de vulgarisation sur l'histoire de l'astronomie. À travers l'espace - Destination Mars, Marcel Moye, préface actualisée de Jean-Michel Faidit, Les Presses du Midi, 2015, 213 pages, 19 €

## TÉLÉVISION

# DES NOUVELLES DE PHILAE



« Carnets de vol », le magazine de France 3 Région Midi-Pyrénées a suivi au plus près l'aventure de Philae en 2014. Un an plus tard, France 3 revient au CNES, dans le sillage de l'atterrisseur. L'objectif : « Faire un état des lieux sur l'actualité de Philae », commente Nicolas Albrand, rédacteur en chef. En cette année martienne, l'émission prend également des nouvelles de Curiosity. Au travers de ce reportage, c'est aussi la plus-value régionale autour du spatial et de l'aéronautique que « Carnets de vol » met à l'honneur. En complément de sommaire, l'émission revient sur l'expérience de confinement Mars 500. Hors thématique, elle s'intéresse aux ballons stratosphériques, leurs spécificités, leur utilité. Une technologie pour laquelle le CNES peut revendiquer une véritable expertise.

➔ DIFFUSÉE LE DIMANCHE 10 JANVIER, L'ÉMISSION EST À VISIONNER SUR LE SITE [HTTP://FRANCE3-REGIONS.FRANCETVINFO.FR/MIDI-PYRENEES/EMISSIONS/CARNETS-DE-VOL/FOCUS-SUR-LA-PLANETE-MARS-CE-DIMANCHE-10H45-DANS-CARNETS-DE-VOL.HTML](http://FRANCE3-REGIONS.FRANCETVINFO.FR/MIDI-PYRENEES/EMISSIONS/CARNETS-DE-VOL/FOCUS-SUR-LA-PLANETE-MARS-CE-DIMANCHE-10H45-DANS-CARNETS-DE-VOL.HTML)



EN VUE



## BEAU LIVRE

# LA PLANÈTE ROUGE, EN NOIR ET BLANC

Valles Marineris, Arcadia Planitia, Elysium Mons...

Autant de régions martiennes survolées par la sonde américaine MRO, mise en orbite en 2005 pour étudier la surface de Mars. Parmi des dizaines de milliers de relevés d'une résolution sans précédent, Xavier Barral a sélectionné 200 photographies en noir et blanc. Depuis les années 1960, de nombreuses sondes nous ont fait parvenir des images de Mars. Mais les observations réalisées par la caméra Hirise en 2006 chahotent notre vision et dévoilent, dans une résolution jamais atteinte, les contours d'un paysage

insoupçonnable. Comme le souligne Francis Rocard dans l'ouvrage, « Mars est, avec la Terre, la planète dont l'histoire est la plus riche et la plus variée ». Afin de mieux saisir les contours géologiques et minéralogiques de cette planète mythique, le point de vue est ici constant : chaque photographie couvre 6 kilomètres de large. Dunes de sable noir, cratères couverts de poussière volcanique, canyons abyssaux, glace en débâcle... Un ensemble de photos fascinantes qui vient nourrir notre imaginaire.

Mars - Une exploration photographique, Francis Rocard, Alfred S. McEwen, Xavier Barral, 272 pages, 79 €, 2013, Éditions Xavier Barral.



## CALENDRIER des événements planétaires

### 4 JUILLET 2016

Juno arrive en orbite autour de Jupiter

### 8 SEPTEMBRE 2016

Lancement Osiris-Rex

### 30 SEPTEMBRE 2016

Fin de mission de Rosetta, en direct à la Cité de l'espace

### 19 OCTOBRE 2016

ExoMars 2016 : arrivée de l'orbiteur TGO et atterrissage de Schiaparelli

### OCTOBRE 2016

Curiosity, début 2<sup>nd</sup>e mission étendue

### 4 NOVEMBRE 2016

ExoMars 2016 : début de la phase d'aérofreinage pour TGO

### FIN 2016

Fin de mission étendue de Mars Express

### AVRIL 2017

Cassini passe à l'intérieur des anneaux de Saturne

### JUIN 2017

Livraison modèle de vol Seis d'InSight

### 15 SEPTEMBRE 2017

Cassini est détruit dans l'atmosphère de Saturne

### OCTOBRE 2017

Juno est détruit dans l'atmosphère de Jupiter



TRANSFERT

# CHEMCAM

## BIENTÔT UNE DÉCLINAISON TERRESTRE ?

*Depuis son arrivée sur Mars, « l'œil » de ChemCam fait des miracles. Unaniment salué pour sa robustesse, il a été conçu et fabriqué par une équipe mixte CNES-Irap<sup>1</sup>. Une version « terrestre » du modèle, destinée à une application industrielle, pourrait bientôt voir le jour.*



Compact, robuste, consommant peu... Les qualités de ChemCam (instrument de spectroscopie induite par laser) nous ont incités à être innovants et astucieux », raconte Muriel Saccoccio, chef de projet pour le développement de ChemCam.

Et ce sont autant d'atouts valorisables sur d'autres terrains. Des répliques « terrestres » de ChemCam existent déjà. Elles fonctionnent soit à température ambiante, soit à basse température. Mais pour une application industrielle, le modèle ChemCam actuel présente une faille majeure : son coût ! Il faut dire que la version spatiale évolue dans un environnement très contraignant (vibrations, radiations, faible puissance électrique disponible, etc.). L'adaptation du concept à un milieu moins hostile peut en revanche permettre d'allier performance et prix attractif.

Cette déclinaison devrait intéresser de nombreux secteurs tributaires de l'exploration des sols (géologie, minéralogie précieuse, industrie minière, pétrolière, gazière, etc.). « Les utilisateurs pourraient réaliser des analyses rapides, sans contact et sans préparation, voire sans prélèvement d'échantillons. Ils gagneraient en temps, en coûts d'exploration et disposeraient d'un véritable laboratoire de proximité », résume Muriel Saccoccio. Avec l'évolution de la dronautique, un instrument comme ChemCam pourrait même être installé sur un véhicule « pour une exploration télécommandée voire automatique. Ce serait un atout majeur pour des zones difficiles voire dangereuses d'accès ». Le CNES a déposé deux brevets en ce sens et les discussions en cours laissent présager la réalisation d'au moins un prototype industriel.

1. Institut de recherche en astrophysique et planétologie.

FR

2-9

mètres

C'est la distance à laquelle le laser de ChemCam peut viser un échantillon martien.