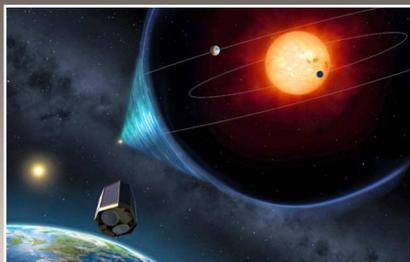


# MACRO Cosmos

bimestriel d'information scientifique  
et technique \* Septembre-Octobre 2017



## La mission PLATO, un pas décisif

## Les pulsars dans le viseur de NICER



- Une exoplanète avec une atmosphère d'eau chaude rouge découverte
- Première lumière pour MASCARA à l'Observatoire de La Silla
- Les préparatifs pour Mercure : BepiColombo complète les tests
- ALMA confirme la chimie complexe dans l'atmosphère de Titan

## Cinq ans de Curiosity sur Mars



# NortheK

Instruments - Composites - Optics

DALL KIRKHAM 350 MM

F/20 OCCLUSION 23%

OPTIQUE EN SUPREMAX 33 PAR SCHOTT

STRUCTURE DE CARBONE - CELLULE À 18 POINTS

FLOTTANTS - MISE AU POINT MOTORISÉ

2,5" FEATHER TOUCH - SYSTÈME DE VENTILATION

ET D'ASPIRATION DE LA COUCHE LIMITE

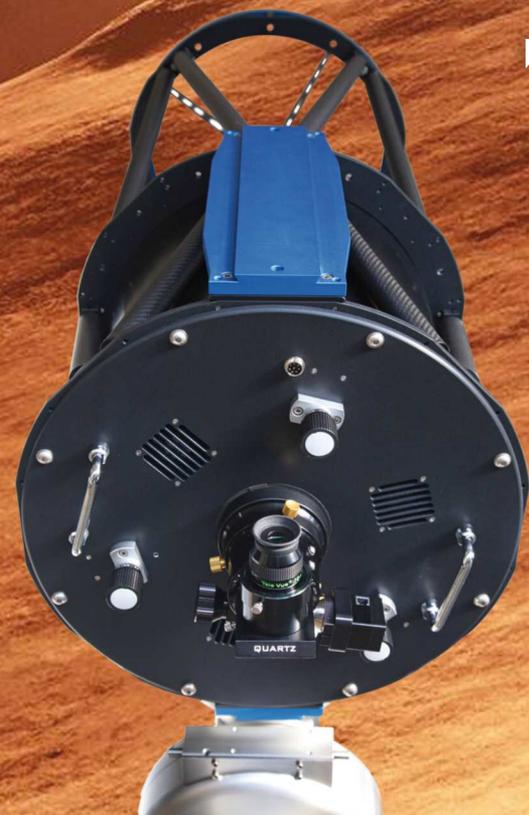
POIDS 34 KG.

ÉGALEMENT DISPONIBLE EN VERSIONS  
NEWTON F/4.7 AVEC CORRECTEUR DE 3"

RITCHEY CHRÉTIEN F/9

AVEC CORRECTEUR/RÉDUCTEUR

CASSEGRAIN CLASSIC F/15





édition Française du magazine

## ASTROFILO

**Directeur responsable**  
Michele Ferrara

**Conseiller scientifique**  
Prof. Enrico Maria Corsini

**Éditeur**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106  
25049 Iseo - BS - ITALY  
email info@astropublishing.com

**Internet Service Provider**  
Aruba S.p.A.  
Via San Clemente, 53  
24036 Ponte San Pietro - BG - ITALY

**Copyright**  
Tout le contenu du magazine est, sauf mention expresse, la propriété de Astro Publishing di Pirlo L. ou inclus avec la permission de l'auteur. La reproduction ou la diffusion totale ou partielle du contenu, de quelque manière que ce soit, sans l'accord écrit préalable du détenteur des droits, est une violation de copyright. Une copie unique du contenu peut être réalisée, seulement pour un usage personnel et non-commercial. L'utilisateur ne peut distribuer une telle copie à d'autres, sous forme électronique ou non, à titre payant ou non, sans l'accord écrit préalable du détenteur du copyright. L'éditeur peut être contacté pour obtenir les droits de sources iconographiques non spécifiées.

**Publicité - Administration**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106  
25049 Iseo - BS - ITALY  
email admin@astropublishing.com

## SOMMAIRE

### 4 **Les pulsars dans le viseur de NICER**

Au cours des derniers mois, la NASA a entamé une nouvelle mission qui promet de répondre à une question qui nous harcèle depuis des décennies: « Quelle est la taille d'une étoile à neutrons ? ». Les instruments que les chercheurs ont eu jusqu'à présent à disposition ne fournissaient que des réponses...

### 12 **Une exoplanète avec une atmosphère d'eau chaude rouge découverte**

Les scientifiques ont découvert les preuves les plus fortes à ce jour d'une stratosphère autour d'une planète en dehors de notre système solaire, ou exoplanète. Une stratosphère est une couche d'atmosphère dans laquelle la température augmente avec l'augmentation de la hauteur. « Ce résultat est passionnant car il...

### 16 **Un nouveau mode d'alimentation des trous noirs**

Une équipe dirigée par des astronomes italiens a utilisé l'instrument MUSE (Explorateur Spectroscopique Multi-Unités) qui équipe le Very Large Telescope (VLT) à l'Observatoire de Paranal de l'ESO au Chili pour étudier le processus responsable de l'échappement du gaz des galaxies. Ils se sont intéressés aux cas...

### 20 **La mission PLATO, un pas décisif**

Le télescope spatial Kepler nous a amenés à découvrir des planètes ressemblant à la Terre. Maintenant, l'Agence spatiale européenne (ESA) a commencé à mettre en œuvre un instrument qui récoltera l'héritage de Kepler et contribuera à apporter une réponse crédible à la question la plus souvent posée par...

### 28 **Première lumière pour MASCARA à La Silla**

En juin 2016, l'ESO a conclu un accord avec l'Université de Leiden visant à installer une station MASCARA à l'Observatoire de La Silla de l'ESO au Chili, où les conditions d'observation du ciel de l'hémisphère sud sont excellentes. Cette station effectuée dès à présent – et avec succès – ses premiers tests. La station...

### 32 **Hubble voit des groupes de nouvelles étoiles dans une galaxie lointaine**

En ce qui concerne l'univers lointain, même la vision aigüe du télescope spatial Hubble ne peut aller si loin. La recherche de détails plus fins nécessite une pensée intelligente et un peu d'aide à partir d'un alignement cosmique avec une lentille gravitationnelle. En appliquant une nouvelle analyse de calcul à...

### 34 **Les préparatifs pour Mercure : BepiColombo complète les tests**

Le vaisseau spatial pour Mercure de l'ESA a passé son test final en configuration de lancement, c'est la dernière fois qu'il sera empli de cette façon avant d'être réassemblé sur le site de lancement l'année prochaine. Les deux orbiteurs de BepiColombo, le Mercury Magnetospheric Orbiter japonais et le...

### 36 **Cinq ans de Curiosity sur Mars**

Cinq ans se sont écoulés depuis que le rover Curiosity de la NASA a atterri près du Mont Sharp, sur Mars. Tout au long de cette période, Curiosity a parcouru plus de 16 kilomètres, en prenant plus de 200 000 images. Dans cet hommage symbolique à la mission, nous vous présentons quelques-uns...

### 46 **ALMA confirme la chimie complexe dans l'atmosphère de Titan**

Titan, est l'un des objets les plus intrigants de notre système solaire et aussi un corps qui, à certains égards, ressemble à la Terre. Il est presque aussi grand que Mars et a une atmosphère brumeuse composée principalement d'azote avec une brume de molécules organiques à base de carbone, y compris le méthane...

### 48 **L'Adaptive Optics Facility a vu sa première lumière**

L'installation d'optique adaptative (Adaptive Optics Facility, AOF) est un projet à long-terme destiné à doter d'un système d'optique adaptative les instruments du quatrième télescope (UT4) du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, le premier d'entre eux à en bénéficier est MUSE, l'explorateur spectroscopique à unités...

# Les pulsars dans le viseur de NICER

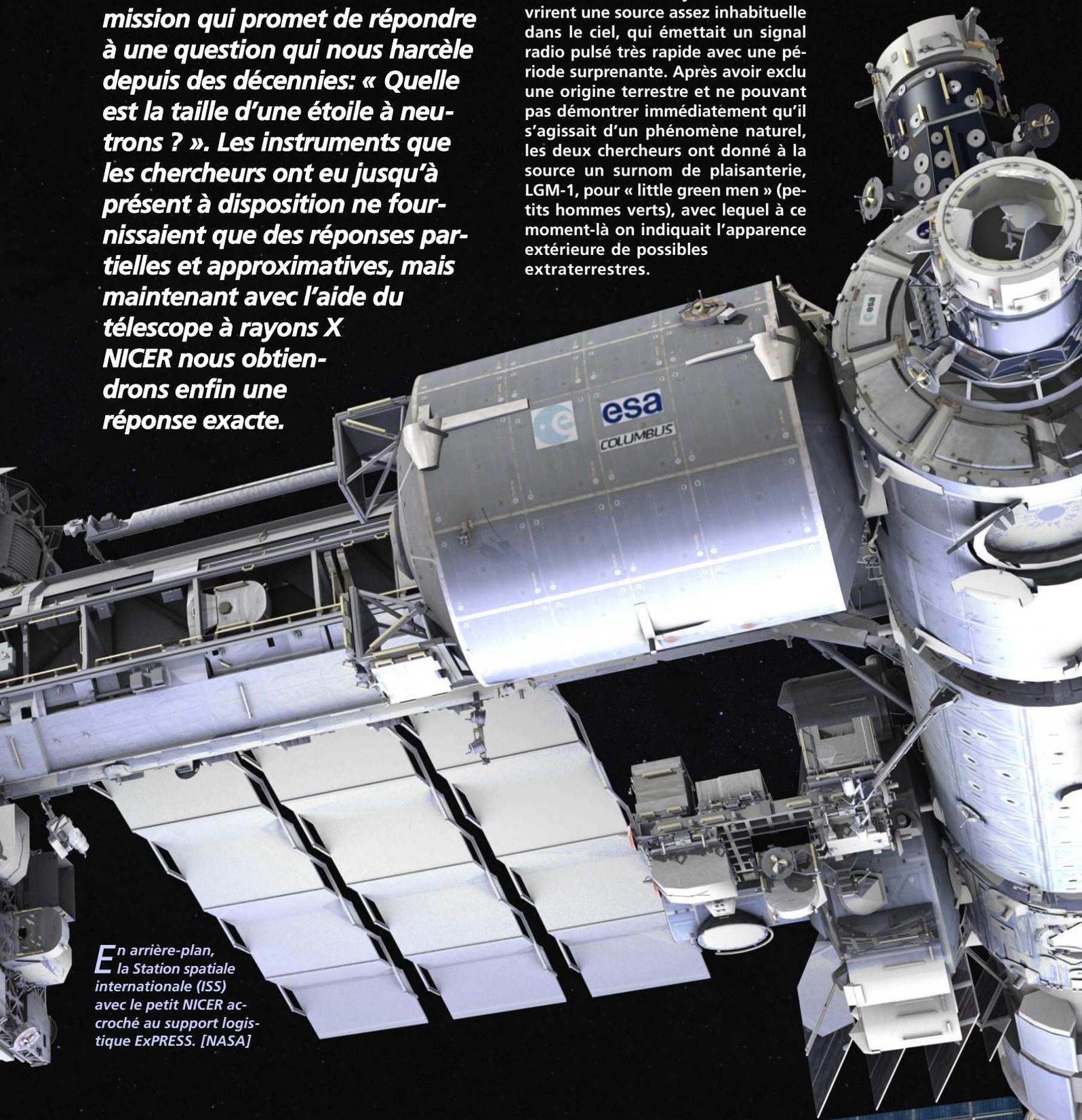
*par Michele Ferrara*



***Au cours des derniers mois, la NASA a entamé une nouvelle mission qui promet de répondre à une question qui nous harcèle depuis des décennies: « Quelle est la taille d'une étoile à neutrons ? ». Les instruments que les chercheurs ont eu jusqu'à présent à disposition ne fournissaient que des réponses partielles et approximatives, mais maintenant avec l'aide du télescope à rayons X NICER nous obtenons enfin une réponse exacte.***

**A** la fin du mois de novembre, il y a 50 ans, Jocelyn Bell Burnell et Antony Hewish découvrirent une source assez inhabituelle dans le ciel, qui émettait un signal radio pulsé très rapide avec une période surprenante. Après avoir exclu une origine terrestre et ne pouvant pas démontrer immédiatement qu'il s'agissait d'un phénomène naturel, les deux chercheurs ont donné à la source un surnom de plaisanterie, LGM-1, pour « little green men » (petits hommes verts), avec lequel à ce moment-là on indiquait l'apparence extérieure de possibles extraterrestres.

***E***n arrière-plan, la Station spatiale internationale (ISS) avec le petit NICER accroché au support logistique ExPRESS. [NASA]



Cette source a laissé plus tard son nom dans l'histoire comme le premier pulsar découvert ('pulsar' est la crase des mots 'pulse' et 'star').

Les pulsars ne sont rien d'autre que des étoiles à neutrons, c'est-à-dire des restes superdenses de supernovae générées par des étoiles avec une masse initiale d'au moins 7 à 20 fois plus grande que la masse du Soleil. La plupart des étoiles à neutrons connues aujourd'hui (quelques milliers) tombent dans la catégorie des pulsars pour des raisons purement géométriques:

les faisceaux de rayonnement qu'ils lancent dans l'espace à partir de leurs pôles magnétiques coupent notre ligne de visée. Cette condition les rend plus facile à trouver. En réalité, presque toutes les étoiles à neutrons émettent un signal pulsé périodique, mais pas nécessairement face à la Terre.

Bien qu'un demi-siècle soit passé depuis leur découverte, nous ne connaissons pas grand chose des étoiles à neutrons.

Leur diamètre n'est connu que vaguement (peut-être aux alentours de 20 km), et par conséquent leur masse est également connue avec approximation (les estimations varient de 1,4 à plus de 2 fois plus que le Soleil), sans parler de l'état exotique de la matière à l'intérieur, qui est soumise à une pression formidable qui augmente fortement de la surface au noyau, produisant des couches de densités variées et inimaginables. Les instruments

**C**i-dessus, la fusée SpaceX CRS-11 Falcon 9 se lève le 3 juin 2017 du complexe de lancement 39A au Kennedy Space Center de la NASA, en envoyant un vaisseau spatial Dragon à la 11e mission de services pour approvisionner la Station spatiale internationale (ISS). La charge utile comprend NICER. À gauche, vue d'ensemble de la mission NICER. La charge utile comprend également une démonstration technologique appelée « Station Explorer for X-ray Timing and Navigation Technology (SEX-TANT) » qui aidera les chercheurs à développer un système de navigation spatiale basé sur les pulsars. [NASA]

**L'**ingénieur en mécanique de NICER Steven Kenyon (à gauche) et l'ingénieur de GPS et Star Tracker Camera Eric Rogstad (à droite) préparent NICER pour l'expédition au Kennedy Space Center, en Floride. La charge utile a été déployée sur la Station spatiale internationale (ISS). [Barbara Lambert] Ci-dessous, cette vidéo explique une partie de ce qui est connu sur les étoiles à neutrons et prévisualise la mission NICER de la NASA. [NASA]



existants jusqu'à présent n'ont pas été en mesure de fournir des données avec résolution spectrale et temporelle suffisante pour analyser la physique à l'intérieur des étoiles à neutrons. Les études les plus minutieuses réalisées à ce jour n'ont fourni qu'une image incomplète de ce qui se trouve sous la surface : une mince couche de noyaux atomiques imprégnée d'un flux d'électrons ; ensuite, une couche d'ions plus épaisse et plus dense immergée dans des neutrons superflus ; puis, un noyau externe liquide de protons supra-

conducteurs ; et enfin, un noyau interne sur lequel nous ne connaissons presque rien et pour lequel différents modèles mathématiques offrent des scénarios différents : de superfluides dominés par les neutrons à une matière dégénérée composée de quarks. Depuis que Walter Baade et Fritz Zwicky ont émis l'hypothèse de l'existence d'étoiles à neutrons en 1934, on pensait que ces corps célestes extrêmes étaient composés uniquement et uniformément de neutrons, car en plus de briser les noyaux atomiques, l'énorme pression aurait poussé les électrons contre les protons, en générant des neutrons. Aujourd'hui, nous savons que les choses sont plus compliquées et que certaines questions épineuses demeurent incertaines, en commençant par la relation entre la masse et le diamètre.

Cette situation est maintenant destinée à être résolue grâce à une nouvelle mission de la NASA qui est devenue opérationnelle en juin et qui aura une durée nominale de 18 mois. Elle s'appelle NICER, pour Neutron star Interior Composition Explorer. L'acronyme est un peu forcé, mais

conduite par la relation entre la masse et le diamètre.

Cette situation est maintenant destinée à être résolue grâce à une nouvelle mission de la NASA qui est devenue opérationnelle en juin et qui aura une durée nominale de 18 mois. Elle s'appelle NICER, pour Neutron star Interior Composition Explorer. L'acronyme est un peu forcé, mais

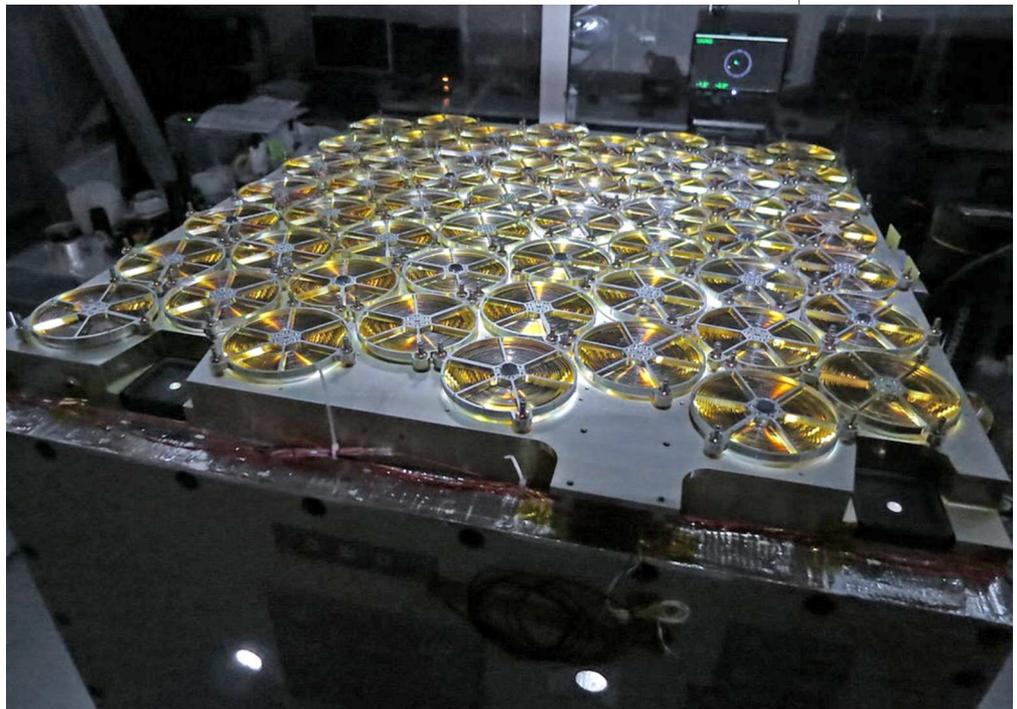


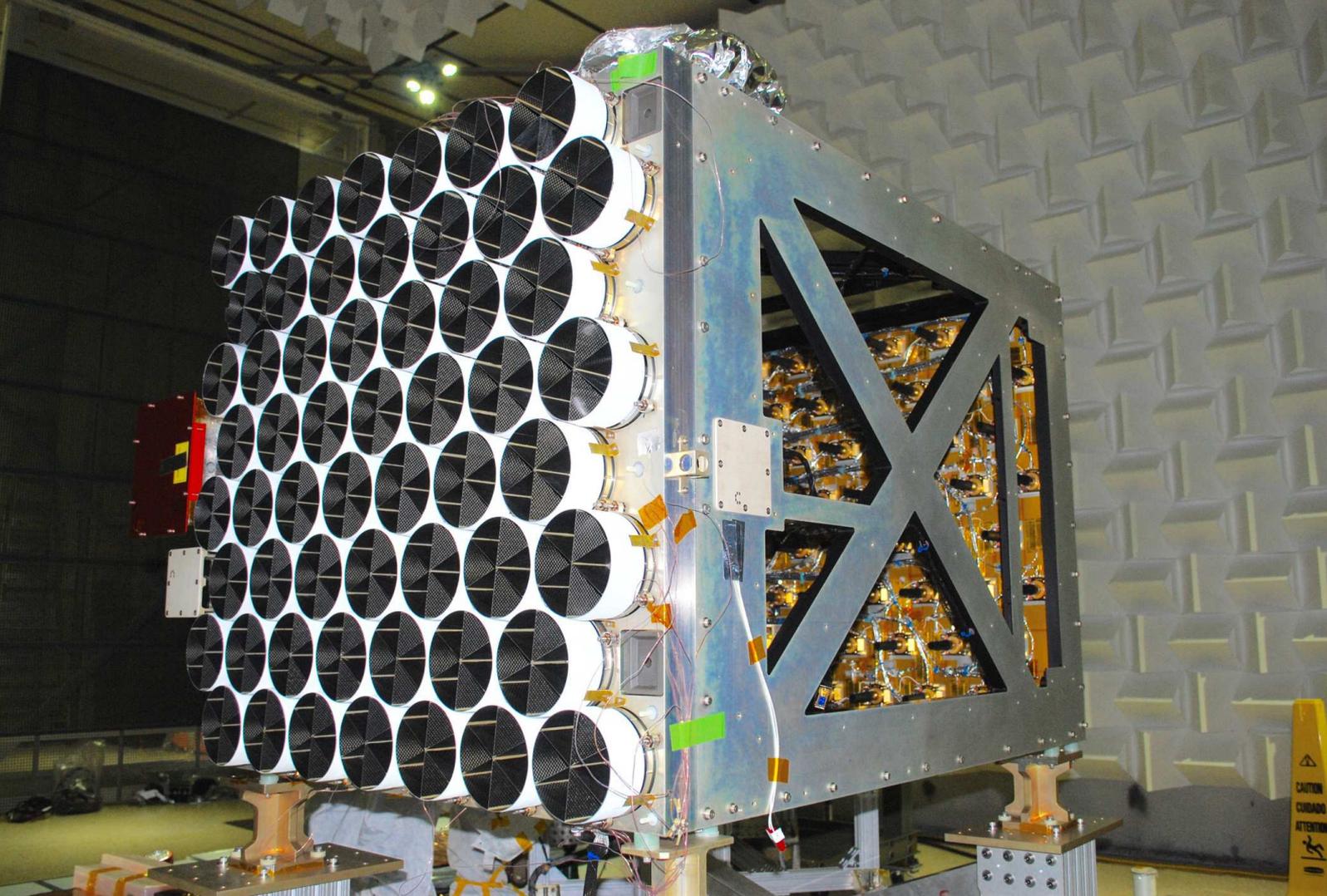
À gauche et en dessous, travaux en cours sur des concentrateurs de rayons X individuels et sur la plaque de NICER qui les contient. [NASA]

le nom complet rend clair le but de la mission. Lancé le 3 juin avec une fusée SpaceX Falcon 9, NICER est un télescope spatial pour les rayons X doux (0,2-12 keV), qui, au lieu d'orbiter autour de la Terre par lui-même, le fait tout en étant attaché à la Station spatiale internationale (ISS), en profitant des structures et équipements existants, ce qui a considérablement réduit le coût de la mission.

Un peu plus grand qu'un lave-vaisselle, NICER contient l'X-ray Timing Instrument (XTI), un réseau de 56 concentrateurs de rayons X (en bref XRC), connecté à des détecteurs appelés « silicon drift detectors » (SDD). Chaque XRC recueille des photons sur une surface d'environ 50 cm<sup>2</sup>, à partir d'une région de ciel 15 minutes d'arc de large et les dévie vers les SDD. Ils enregistrent chaque photon unique de rayons X, mesurent précisément son énergie (du niveau d'ionisation produit dans le

matériau du détecteur) et enregistrent son temps d'arrivée aussi précisément. Avant d'examiner pourquoi ces données sont cruciales aux objectifs de l'étude des étoiles à neutrons, nous allons faire une rapide digression sur les concentrateurs de rayons X, pour comprendre à grandes lignes comment ils fonctionnent.

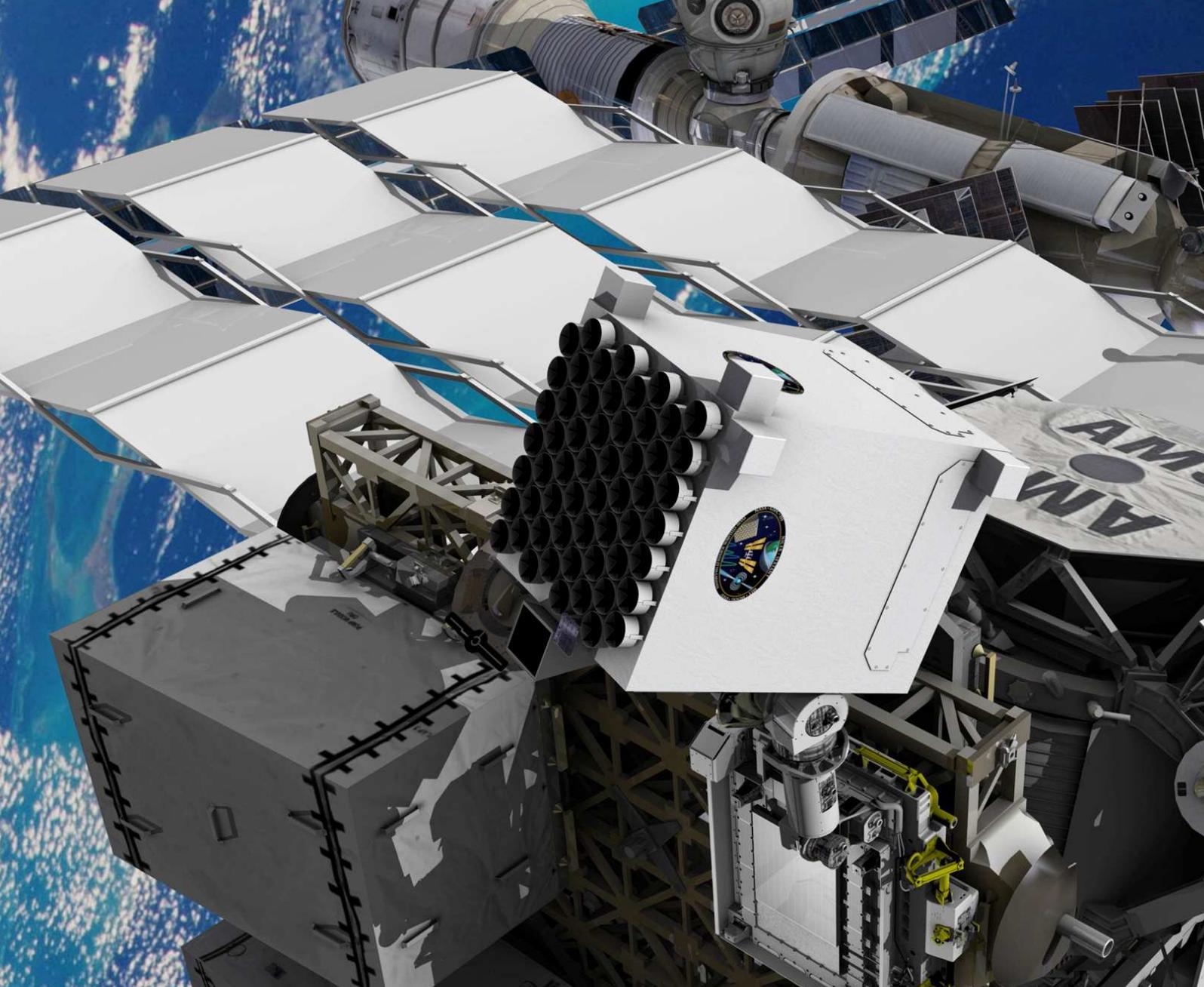




**L**a collection alignée de 56 optiques à concentration de rayons X (XRC) et le détecteur de silicium, qui représente le cœur de l'instrument de synchronisation des rayons X de NICER (XTI). À droite, cette vidéo montre l'installation robotique de NICER sur l'Express Logistics Carrier 2, le déploiement initial, les tests de pointage de précision et plus encore. [NASA]

Pour tous les buts pratiques, ces instruments sont des télescopes réflecteurs, mais comme les photons à rayons X ont des fréquences très élevées et donc une puissance pénétrante tout aussi élevée, les miroirs réflecteurs communs ne peuvent pas être utilisés pour les dévier vers le plan focal ; au lieu de

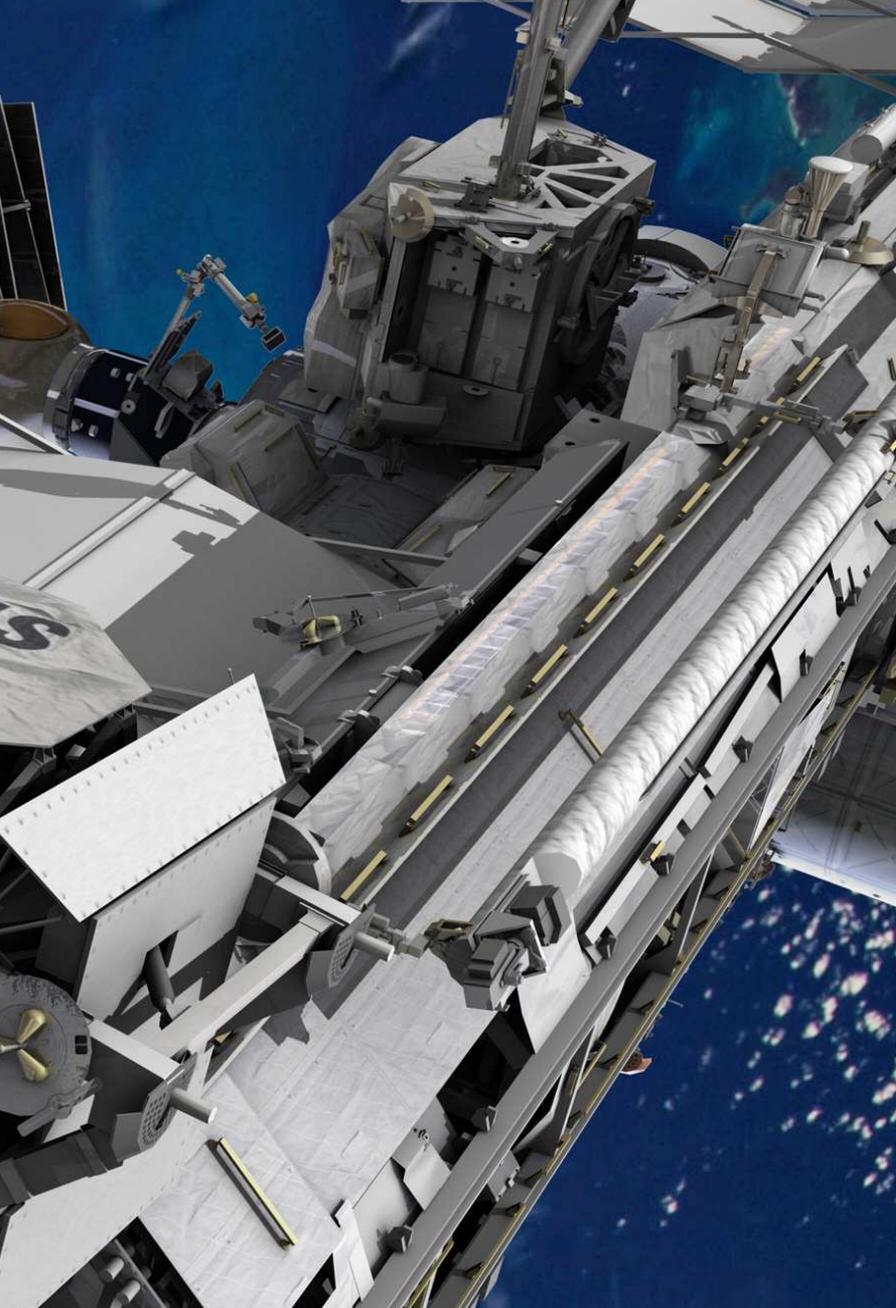
réfléchir sur les surfaces de ces miroirs, ils passeraient en fait simplement à travers eux. Les chercheurs ont résolu ce problème en utilisant des feuilles métalliques pliées pour former des troncs de cône creux, dont les surfaces intérieures inclinées font que les photons à rayons X entrant de l'espace les frap-



pent à un angle d'incidence très faible (presque parallèle). Un couple de « rebonds » sur deux troncs de cône avec une inclinaison croissante suffisent à regrouper les photons à rayons X sur un plan focal. Étant donné qu'une seule feuille métallique (ou une seule séquence de 2-3 feuilles), même de grand diamètre, recueille très peu de photons à rayons X, les chercheurs utilisent des « miroirs » avec de nombreux ensembles concentriques de feuilles, qui tous ensemble peuvent collecter la plupart des photons à rayons X qui pénètrent dans le télescope. À l'intérieur de NICER, spécifiquement, les XRC dans le XTI se composent de 24 troncs de cône concentriques, sur lesquels les photons à rayons X complètent un seul rebond, parce que, contrairement aux instruments précédents, XTI ne doit pas produire d'images et ne requiert donc pas une focalisation serrée.

Après avoir terminé notre digression, nous revenons à la capacité de XTI à mesurer avec une grande précision l'énergie des photons capturés et leur temps d'arrivée sur le détecteur. Connaître l'énergie exacte des photons à rayons X signifie obtenir des valeurs spectrométriques qui peuvent fournir des informations importantes sur les sources qui les ont émis. En connaissant le temps d'arrivée exacte pour les photons à rayons X il est également possible de placer chaque événement avec précision sur la courbe de lumière de la source, en les accumulant pendant des jours et des mois d'observation, pourvu qu'ils suivent une progression régulière et périodique, comme cela se produit avec les cibles choisies pour NICER, qui sont des pulsars sans accroissement de masse depuis une éclipse compagnon (un phénomène qui contaminerait la courbe de lumière, rendant l'analyse

**R**éprésentation graphique de NICER branchée à la Station spatiale internationale (ISS). [NASA]



puissant (au moins 100 millions de fois supérieur à celui de la Terre), généré par leur incroyable vitesse de rotation. La matière qui est capturée dans les lignes de force du champ magnétique est instantanément accélérée à des vitesses relativistes et frappe violemment la surface ultra-plate du pulsar, près de ses pôles magnétiques. Aux points d'impact, on génère deux régions qui sont si chauds qu'ils émettent des rayons X : ce sont les photons que NICER recueille et mesure.

Les pôles magnétiques sont généralement inclinés hors de l'alignement de l'axe de rotation et, statistiquement parlant, ce dernier ne sera que rarement pointé vers la Terre ; il s'ensuit que la majorité des pulsars nous montrent les deux sources superficielles des rayons X en séquence rapide, une fois par demi-rotation. Le signal provenant d'eux est modulé selon le mouvement de rotation, et il s'intensifie pour la source dans l'hémisphère qui se rapproche de l'observateur, et il s'affaiblit pour celle qui s'éloigne.

À ce moment-là, le scénario est presque complet. Tout ce dont nous avons besoin c'est l'implication de l'acteur principal (que nous avons déjà rencontré), la force gravitationnelle extraordinaire des pulsars qui, en plus de compacter la matière presque au point où les trous noirs se forment, a également le pouvoir de plier fortement l'espace autour de ces étoiles dégénérées, en forçant un rayonnement qui quitte la surface à suivre un chemin que nous percevons comme incurvé.

Cela a une conséquence importante : on peut détecter une partie du rayonnement émis dans l'hémisphère opposé à celui qui regarde la Terre à un instant déterminé.

Puisqu'il y a une proportion entre le surplus de surface visible et la masse du pulsar, si l'on utilise les deux « points chauds » en tant que traceurs, on peut déterminer la surface totale visible et trouver ainsi les valeurs de la masse et du diamètre avec un maximum d'erreur de  $\pm 5\%$ . Enfin, étant donné que divers modèles théoriques prévoient différents états de la matière et une structure interne différente dans les pulsars en fonction du rapport masse/diamètre, il sera possible d'établir quel modèle est le plus réaliste et l'utiliser pour dériver d'autres propriétés de ceux exotiques objets célestes. ■

encore plus compliquée). Maintenant, comment NICER peut-il être si précis dans l'observation d'objets de la taille d'une ville, à des centaines d'années-lumière, qui tournent sur leurs axes des centaines de fois par seconde ? Cela peut être dû au fait que son équipement peut enregistrer les événements dans le temps avec une précision supérieure à 300 nanosecondes, et parce qu'il connaît sa position orbitale avec une précision de  $\pm 5$  mètres.

Bien sûr, les mouvements propres des pulsars eux-mêmes doivent être connus avec précision, sinon les résultats seraient faussés.

Quelque chose manque encore pour expliquer comment NICER peut résoudre notre problème d'avoir peu de connaissances sur les masses et les diamètres des étoiles à neutrons. Ces étoiles ont non seulement une force gravitationnelle redoutable, mais elles possèdent également un champ magnétique

# Une exoplanète avec une atmosphère d'eau chaude rouge découverte

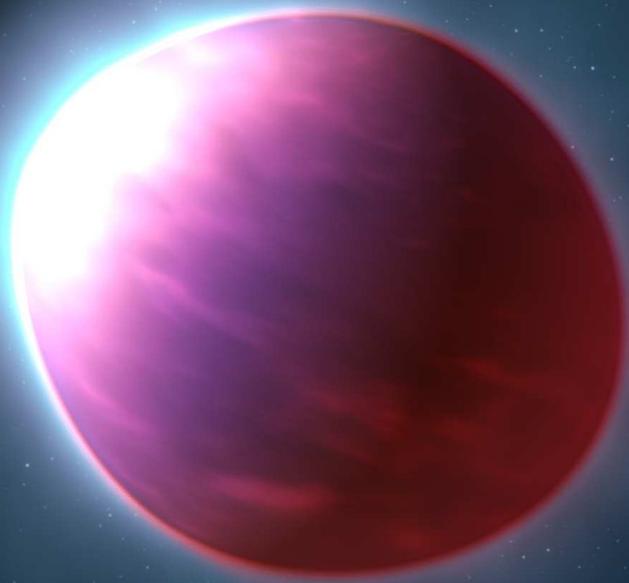
par NASA/ESA

Les scientifiques ont découvert les preuves les plus fortes à ce jour d'une stratosphère autour d'une planète en dehors de notre système solaire, ou exoplanète. Une stratosphère est une couche d'atmosphère dans laquelle la température augmente avec l'augmentation de la hauteur. « Ce résultat est passionnant car il montre qu'un trait commun de la plupart des atmosphères de notre système solaire, une stratosphère chaude, peut également être trouvé dans les atmosphères des exoplanètes », a déclaré Mark Marley, co-auteur de l'étude basé au Ames Research Center de la NASA, dans la Silicon Valley, en Californie. « Nous pouvons maintenant comparer les processus dans les atmo-

sphères des exoplanètes avec les mêmes processus qui se produisent dans différents ensembles de conditions dans notre propre système solaire. » Tel que rapporté par le magazine *Nature*, les scientifiques ont utilisé les données du télescope spatial Hubble de la NASA pour étudier WASP-121b, un type d'exoplanète appelé « Jupiter chaud ». Sa masse est 1,2 fois celle de Jupiter et son rayon est d'environ 1,9 fois celui de Jupiter, ce qui le rend plus gonflé. Mais tandis que Jupiter tourne autour de notre Soleil une fois tous les 12 ans, WASP-121b a une période orbitale de seulement 1,3 jours. Cette exoplanète est si proche de son étoile que si elle se rapprochait davantage, la gravité de l'étoile com-

mencerait à la déchirer. Cela signifie également que le haut de l'atmosphère de la planète est chauffé au rouge, à 2,500°C, assez chaud pour faire bouillir les métaux. On estime que le système WASP-121 est éloigné de la Terre d'environ 900 années-lumière, lointain mais proche des normes galactiques. Des recherches précédentes ont trouvé des signes possibles d'une stratosphère sur l'exoplanète WASP-33b ainsi que sur d'autres Jupiters chauds. La nouvelle étude, cependant, présente la meilleure preuve à ce jour de la signature de molécules d'eau chaude observées par les chercheurs pour la première fois. « Les modèles théoriques ont suggéré que les stratosphères peuvent définir une classe distincte de

**R**éprésentation artistique de l'exoplanète géante WASP-121b. La planète gonflée est si proche de son étoile que la traction de marée l'étend dans une forme d'oeuf. Le haut de l'atmosphère de la planète est chauffé à 2500 degrés Celsius, assez chaud pour faire bouillir le fer. C'est la première planète en dehors de notre système solaire où les astronomes ont trouvé jusqu'à présent la meilleure preuve d'une stratosphère, une couche d'atmosphère dans laquelle la température augmente avec la hauteur. La planète est à environ 900 années-lumière. [Illustration: NASA, ESA, and G. Bacon (STScI) - Science: NASA, ESA, and T. Evans (University of Exeter)]



planètes ultra-chaudes, avec des implications importantes pour leur physique atmosphérique et leur chimie », a déclaré Tom Evans, auteur principal et chercheur à l'Université d'Exeter, Royaume-Uni. « Nos observations appuient ce scénario. » Pour étudier la stratosphère du WASP-121b, les scientifiques ont analysé la façon dont les différentes molécules de l'atmosphère réagissent à des longueurs d'ondes particulières, en utilisant les capacités de spectroscopie de Hubble.

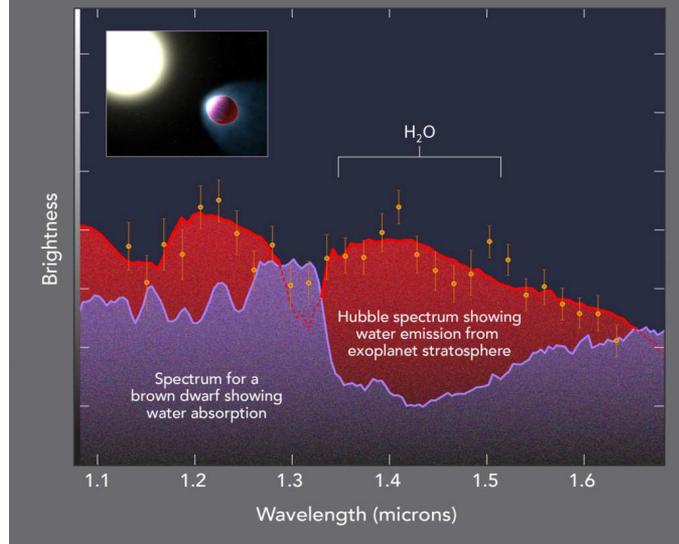
La vapeur d'eau dans l'atmosphère de la planète, par exemple, se comporte de manière prévisible en réponse à certaines longueurs d'onde de lumière, selon la température de l'eau. La lumière d'une étoile est capable de pénétrer

profondément dans l'atmosphère d'une planète, où elle augmente la température du gaz. Ce gaz rayonne alors sa chaleur dans l'espace sous forme de lumière infrarouge. Cependant, s'il y a de la vapeur d'eau plus fraîche au sommet de l'atmosphère, les molécules d'eau empêcheront certaines longueurs d'ondes de cette lumière de s'échapper vers l'espace. Mais si les molécules d'eau au sommet de l'atmosphère ont une température plus élevée, elles vont briller aux mêmes longueurs d'onde.

« L'émission de lumière de l'eau signifie que la température augmente avec la hauteur », a déclaré Tiffany Kataria, co-auteur de l'étude basée au Jet Propulsion Laboratory de la NASA, à Pasadena, en Californie.

« Nous sommes ravis d'explorer à

### Comparison of WASP-121b Stratosphere with Brown Dwarf Atmosphere



Ce diagramme montre l'existence d'une stratosphère sur une planète en orbite autour d'une autre étoile. Comme sur la Terre, la température de la stratosphère augmente avec la hauteur. L'émission d'eau de la haute atmosphère de la planète de la taille de Jupiter montre juste ceci. Les résultats sont en contraste marqué avec le spectre d'une étoile échouée, une naine brune, qui montre l'absorption de l'eau car l'atmosphère se refroidit avec l'augmentation de la hauteur. [NASA, ESA, and A. Feild (STScI)]

quelle longueur ce comportement persiste avec les observations de Hubble à venir ». Le phénomène est similaire à ce qui se passe avec les feux d'artifice, qui tirent leurs couleurs des produits chimiques émettant de la lumière. Lorsque les substances métalliques sont chauffées et vaporisées, leurs électrons se déplacent vers des états d'énergie plus élevés. Selon le matériau, ces électrons émettront de la lumière à des longueurs d'ondes spécifiques à mesure qu'ils perdent de l'énergie : le sodium produit du jaune-orange et le strontium produit du rouge dans ce processus, par exemple. Les molécules d'eau dans l'atmosphère de WASP-121b dégagent de manière similaire les rayonnements lorsqu'elles perdent de l'énergie, mais sous la

forme d'une lumière infrarouge, que l'œil humain est incapable de détecter. Dans la stratosphère terrestre, l'ozone piège le rayonnement ultraviolet du Soleil, ce qui augmente la température de cette couche d'atmosphère. D'autres corps du système solaire ont également des stratosphères ; le méthane est responsable du chauffage dans les stratosphères de Jupiter et de la lune de Saturne Titan, par exemple.

Parmi les planètes du système solaire, le changement de température dans une stratosphère est généralement inférieur à 100 degrés Fahrenheit (environ 56 degrés Celsius), mais sur WASP-121b, la température dans la stratosphère augmente de 1000 degrés (560 degrés Celsius). Les scientifiques ne savent pas encore quels éléments chimiques provoquent l'augmentation de la température dans l'atmosphère de WASP-121b. L'oxyde de vanadium et l'oxyde de titane sont des candidats, comme on le voit habituellement chez les naines brunes, des « étoiles échouées » qui ont des points communs avec les exoplanètes.

On prévoit que ces composés soient présents uniquement sur les Jupiters chauds les plus chauds, car des températures élevées sont nécessaires pour les maintenir à l'état gazeux.

« Cette exoplanète super chaude va être une référence pour nos modèles atmosphériques, et ce sera une excellente cible d'observation dans l'ère Webb », a déclaré Hannah Wakeford, co-auteur de l'étude, qui a travaillé sur cette recherche au Goddard Space Flight Center de la NASA, à Greenbelt, Maryland. ■



THE BEST IN HERITAGE

Projects of Influence

Annual, global conference featuring award-winning museum, heritage and conservation projects



16th Edition

DUBROVNIK, CROATIA, 28 - 30 SEPTEMBER 2017

[www.thebestinheritage.com](http://www.thebestinheritage.com)

in partnership with EUROPA NOSTRA  
with support of Creative Europe programme  
& Endowment Fund of ICOM



EUROPA  
NOSTRA



Creative  
Europe



ICOM  
Fonds de dotation  
Endowment Fund



DU'm



EXPONATEC  
COLOGNE



MEYVAERT  
SINCE 1828

*dedicated to the memory of Kenneth Hudson OBE and Georges Henri Rivière*

With  
**IMAGINES**

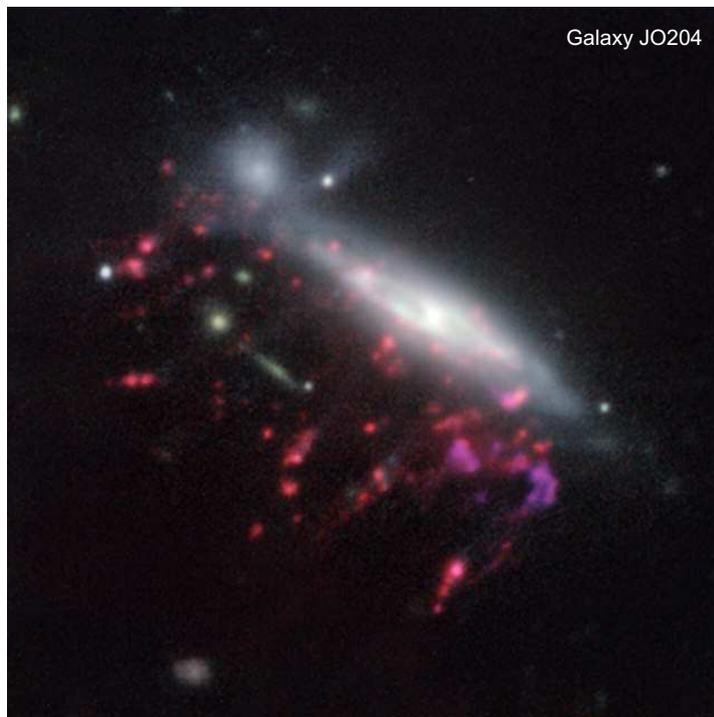
# Un nouveau mode d'alimentation des trous noirs

par ESO /  
Thierry Botti

Une équipe dirigée par des astronomes italiens a utilisé l'instrument MUSE (Explorateur Spectroscopique Multi-Unités) qui équipe le Very Large Telescope (VLT) à l'Observatoire de Paranal de l'ESO au Chili pour étudier le processus responsable de l'échappement du gaz des galaxies.

Ils se sont intéressés aux cas extrêmes que constituent les galaxies méduses situées au cœur d'amas de galaxies proches, soit à ces galaxies dont l'appellation résulte de longs "tentacules" de matière qui s'étendent sur plusieurs dizaines de milliers d'années-lumière au-delà du disque de ces galaxies. A ce jour, seules 400 galaxies de type méduse ont été découvertes.

Ces résultats ont été obtenus dans le cadre du programme d'observation GASP (Phénomènes d'échappement de GAS



Des observations de « galaxies méduses » effectuées au moyen du Very Large Telescope de l'ESO ont révélé l'existence d'un nouveau mode d'alimentation des trous noirs supermassifs. Il semble en effet que le processus conduisant à la formation des tentacules de gaz et des toutes jeunes étoiles, un processus à l'origine du surnom donné à ces galaxies, permette également au gaz d'atteindre les régions centrales des galaxies, alimentant par là même le trou noir qui y siège et lui conférant cette brillance élevée. Les images de ces pages, obtenues par l'instrument MUSE installé sur le VLT de l'ESO au Chili, montrent clairement comment la matière court hors de la galaxie dans de longs tentacules. Le rouge montre la lumière produite par l'hydrogène gazeux ionisé, tandis que les régions blanches montrent où les étoiles sont dans la galaxie. [ESO/GASP collaboration]

MUSE), un Vaste Programme ESO dont l'objectif est d'étudier la source, le processus ainsi que la cause de l'échappement du gaz des galaxies. GASP acquiert des données MUSE détaillées relatives à 114 galaxies plongées dans des environnements différents, en particulier des galaxies méduses. Les observations sont actuellement en cours.

Les tentacules des galaxies méduses résultent du processus de balayage par pression dynamique qui survient dans les amas de galaxies. Leur attraction gravitationnelle mutuelle se traduit par la chute, à vitesse élevée, des galaxies sur les amas de galaxies, où elles rencontrent un gaz de température et de densité élevées qui se comporte à l'image d'un vent puissant qui éjecte les queues du gaz à l'extérieur du disque des galaxies et déclenche la formation d'étoiles en leur sein. Six des sept galaxies méduses de



l'échantillon considéré abritent un trou noir supermassif en leur cœur, qui se nourrit du gaz environnant. Cette proportion est étonnamment élevée, en moyenne, seules dix pour cent des galaxies sont concernées.

« *L'existence de ce lien étroit entre le balayage par pression dynamique et les trous noirs actifs n'a pas été envisagée et n'a jamais été rapportée*

*auparavant* », explique Bianca Poggianti de l'INAF – Observatoire Astronomique de Padoue en Italie, qui dirige l'équipe.

« *Il semble que le trou noir central se nourrisse du gaz qui atteint les régions centrales de la galaxie au lieu de s'en éloigner.* »

La raison pour laquelle seule une infime proportion des trous noirs supermassifs qui occupent les centres galactiques sont actifs est longtemps demeurée inconnue. En effet, les trous noirs supermassifs occupent la plupart des centres de galaxies.

Pourtant, seule une fraction d'entre eux

accrète de la matière et brille intensément. Les résultats de cette étude révèlent l'existence d'un mode d'alimentation encore inconnu des trous noirs. Yara Jaffé, post-doctorante de l'ESO ayant contribué à cette étude, d'ajouter : « *Ces observations de MUSE suggèrent l'existence d'un nouveau mode d'écoulement du gaz dans les environs du trou noir. Ce ré-*

*sultat est important : il offre une nouvelle clé de compréhension des liens unissant les trous noirs supermassifs à leurs galaxies hôtes* ».

Ces observations s'insèrent dans le cadre d'une étude approfondie d'un plus grand nombre de galaxies méduses actuellement en cours.

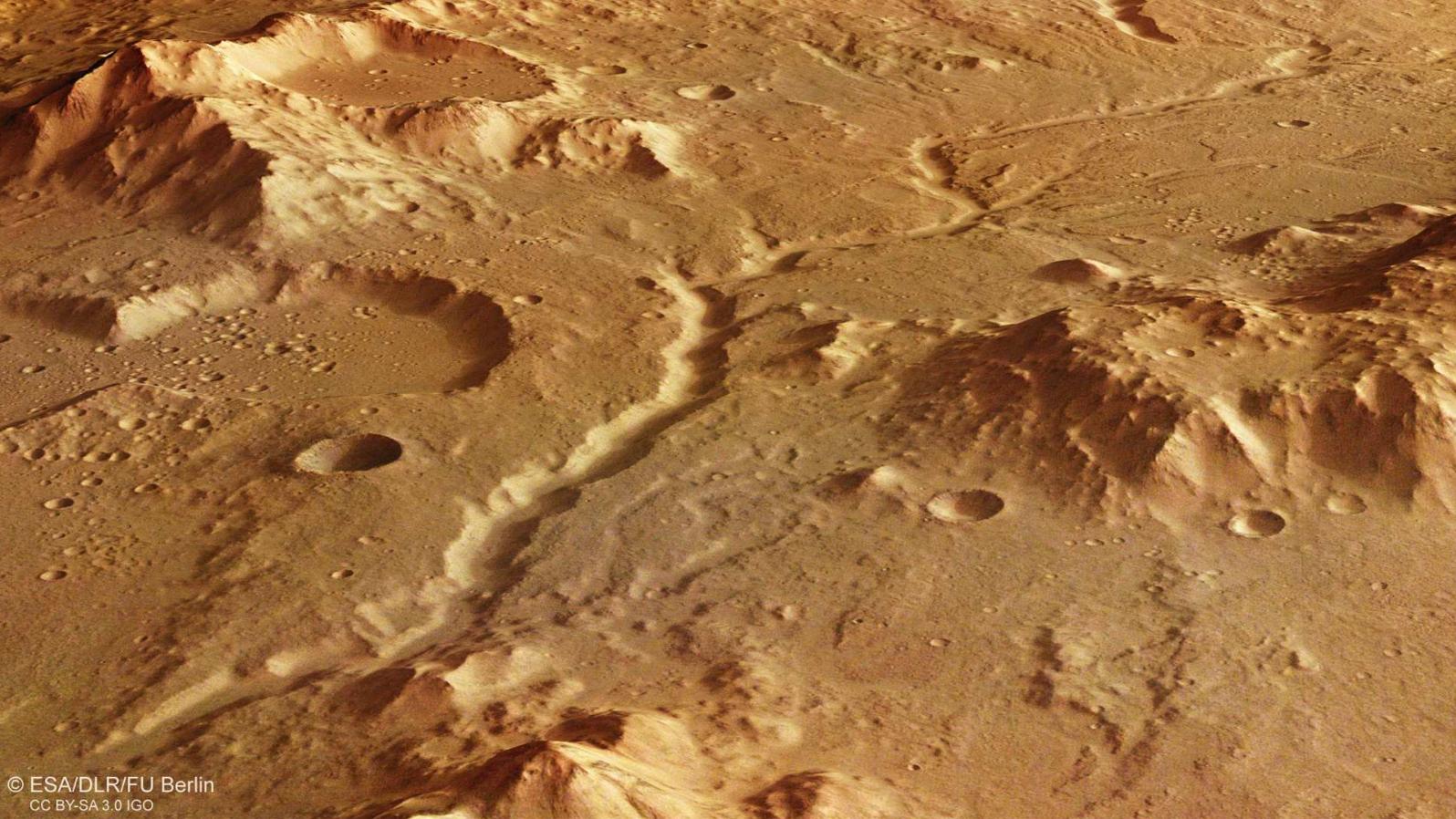
« *Lorsqu'il sera finalisé, ce sondage révélera le nombre ainsi que l'iden-*

*tité des galaxies riches en gaz qui, lorsqu'elles pénètrent à l'intérieur d'amas, connaissent une phase d'intensification d'activité de leur noyau central* » conclut Bianca Poggianti. « *Les processus de formation et d'évolution des galaxies au sein de notre Univers en constante expansion figurent parmi les plus grands mystères de l'astronomie.*

*Parce qu'elles sont observées en pleine phase de transformation spectaculaire, les galaxies méduses offrent des clés de compréhension de l'évolution des galaxies.* » ■

Galaxy JW100





© ESA/DLR/FU Berlin  
CC BY-SA 3.0 IGO

# Hommage à des temps plus humides sur Mars

par ESA

Une vallée de rivière desséchée avec de nombreux affluents se voit dans cette vue récente de la planète rouge capturée par Mars Express de l'ESA. Cette section de la région de Libya Montes, située sur l'équateur à la limite des hauts plateaux du sud et des plaines du nord, a été photographiée le 21 février 2017 par la caméra stéréo haute résolution du vaisseau spatial.

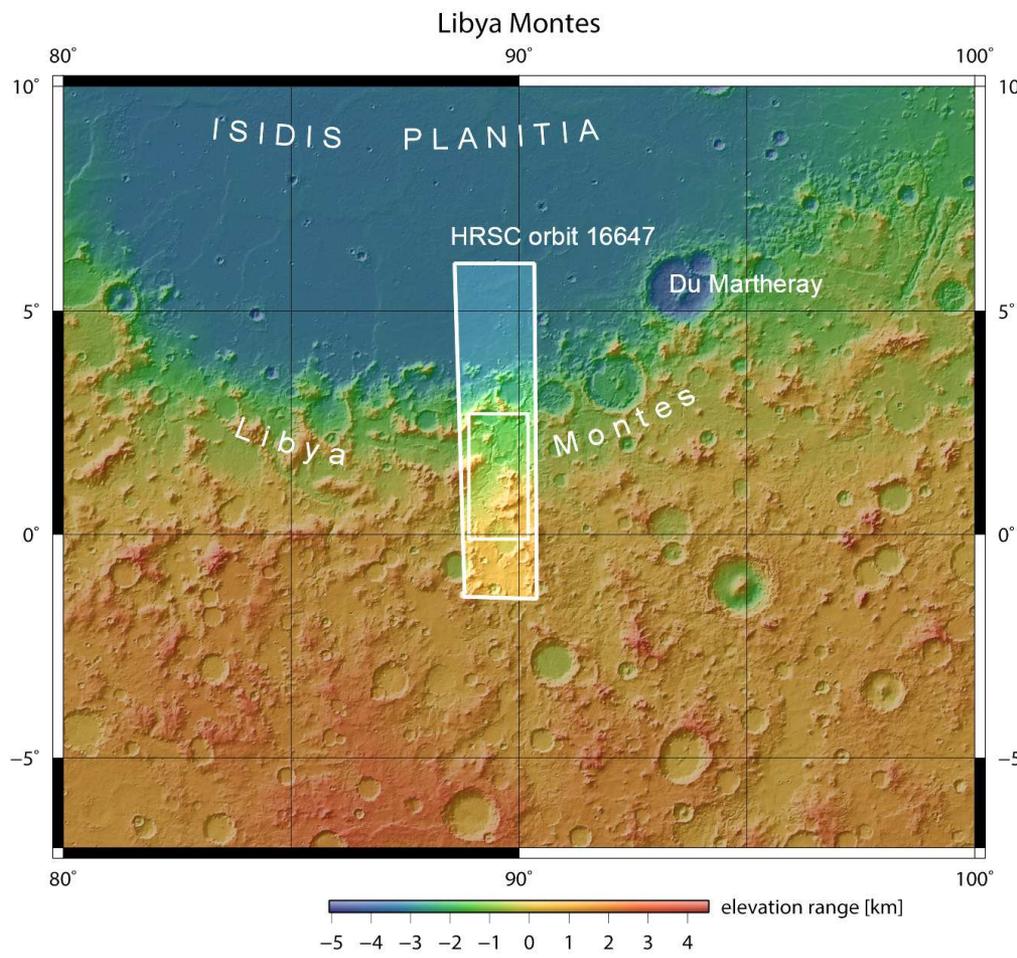
Les montagnes des hauts plateaux de Libya Montes, l'une des plus anciennes régions de Mars, ont été soulevées lors de la formation du bassin d'impact d'Isidis, de 1200 km, il y a environ 3,9 milliards d'années (au nord dans la carte du contexte). Les structures visibles dans la région indi-

quent à la fois des rivières qui coulent et des masses permanentes d'eau, comme des lacs ou même des mers qui étaient présentes dans les premiers temps de Mars. On présume que le canal de rivière remarquable qui s'étend du sud au nord (de gauche à droite dans l'image ci-dessus) a parcouru la région il y a environ 3,6 milliards d'années. Apparemment, il se développe à partir du cratère d'impact dans le sud, en brisant la paroi du cratère et en coulant vers le nord, à travers les montagnes froncées de la topographie locale. La vallée était alimentée par de nombreux affluents, indiquant une forte précipitation et un écoulement de surface des régions supérieures aux régions inférieures. On pense également que les infiltrations d'eaux souterraines ont contribué à façonner la vallée. Un canal similaire serpente en bas à droite de la scène. La minéralogie dans la région de Libya Montes est très diversifiée, comme cela a

*Vue en perspective le long d'un canal de rivière ancien et desséché dans la région de Libya Montes, près de l'équateur de Mars. La vallée serpente entre des montagnes anciennement alimentées par de nombreux affluents issus des précipitations et du ruissellement de surface. À gauche, on peut voir une partie d'un cratère joint à un autre, dont le sol lisse est parsemé de petits cratères d'impact. La vue en perspective oblique a été générée en utilisant les données des canaux stéréo de caméra stéréo haute résolution de Mars Express. Cette scène fait partie de la région imagée le 21 février 2017 lors de l'orbite 16647 de Mars Express. L'image principale est centrée sur 90°E / 1°N. Dans cette orientation, le nord est à peu près en bas. [ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO]*

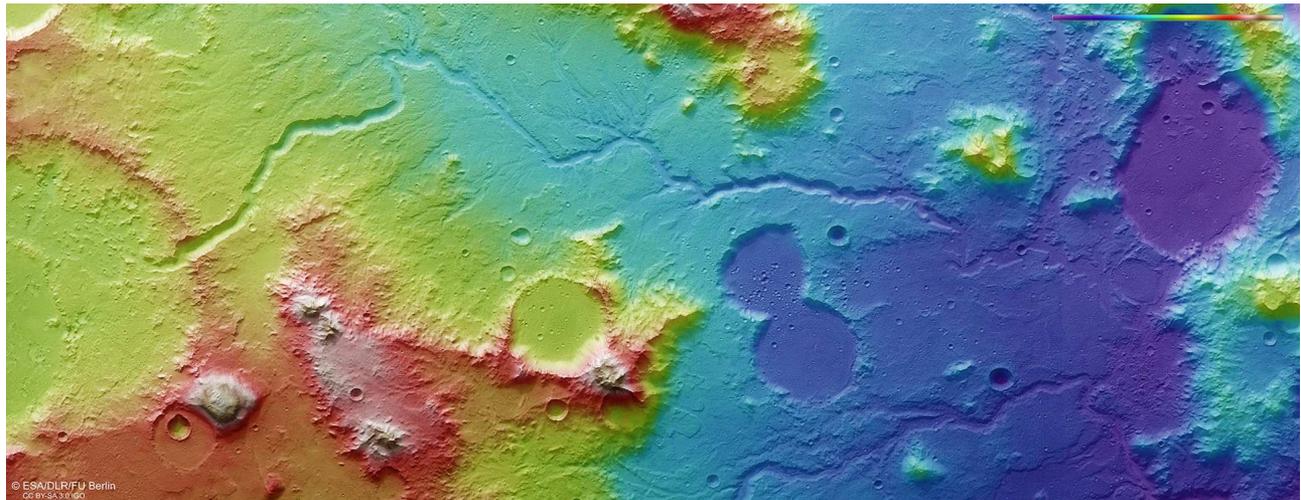
Cette carte montre l'emplacement de Libya Montes dans le contexte de la région environnante. La région équarrée la plus grande indique la zone photographiée lors de l'orbite 16647 de Mars Express le 21 février 2017. Le rectangle plus petit dans le centre met en évidence la zone associée à l'image objet de la nouvelle. Dans ce contexte, le nord est en haut. [NASA MGS MOLA Science Team]

été révélé par Mars Express. Les minéraux formés par l'eau et chimiquement modifiés témoignent de l'activité hydrothermale passée qui peut être liée à la formation du bassin d'impact d'Isidis. Par exemple, l'impact aurait pu mobiliser l'eau liquide en fondant la glace souterraine qui a interagit par la suite avec les anciennes roches volcaniques de la montagne. De nombreux cratères dans différents états de dégradation parsèment toute la scène, témoignage de la longue histoire de la région. Peut-être que les cratères les plus remarquables sont les deux situés côte à côte près du centre de la scène (ci-dessous) ; leurs parois brisées les relie et donnent l'ap-



arence d'une figure en forme de huit. Un autre cratère intéressant se trouve à gauche, niché au bord d'une montagne froncée. Inévitablement, son bord s'est effondré sur le fond de la vallée en dessous. Plus loin encore,

un petit cratère a été imprimé dans un plus grand et plus large cratère, en passant par des couches plus profondes en dessous. La riche diversité de caractéristiques géologiques dans cette région (et uniquement dans

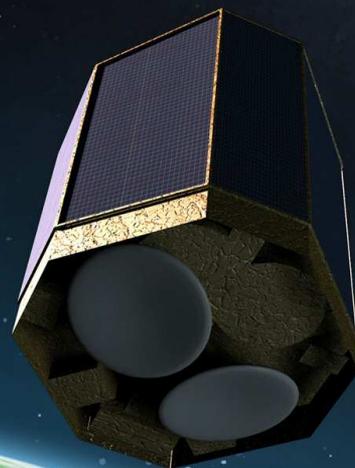


Cette vue topographique codée par couleur montre les hauteurs relatives et les profondeurs du terrain dans la région de Libya Montes, sur Mars. Comme indiqué dans l'échelle en haut à droite, les blancs et les rouges représentent le terrain le plus élevé, tandis que le bleu/pourpre représentent le terrain plus bas. La vue topographique codée par couleur est basée sur un modèle numérique du terrain de la région, à partir duquel la topographie du paysage peut être dérivée. [ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO]

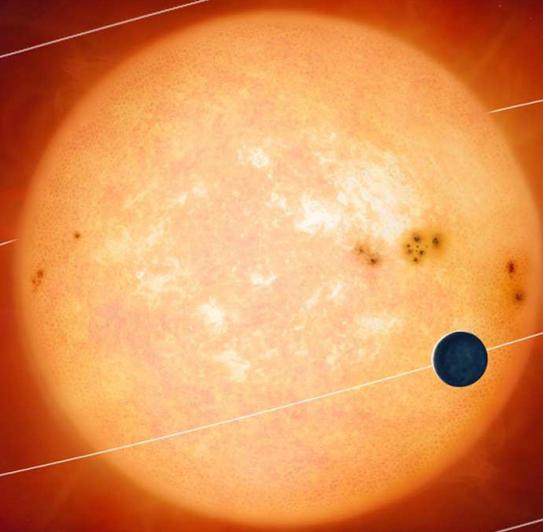
cette image seule) met en évidence l'environnement dynamique que la planète a connu dans le temps, évoluant à partir d'un climat plus chaud et plus humide qui a permis à l'eau liquide de circuler librement à travers la surface, vers le monde aride que nous voyons aujourd'hui. ■

# La mission PLATO, un pas décisif

par Michele Ferrara



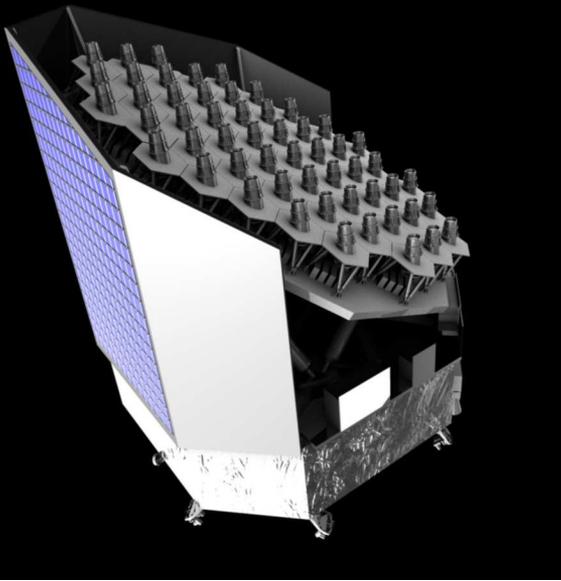
**U**ne représentation de PLATO observant une exoplanète en transit devant le disque d'une étoile de type solaire. [Mark A. Garlick ([space-art.co.uk](http://space-art.co.uk)) Science: Carole Haswell et Andrew Norton (OU)]



***Le télescope spatial Kepler nous a amenés à découvrir des planètes ressemblant à la Terre. Maintenant, l'Agence spatiale européenne (ESA) a commencé à mettre en œuvre un instrument qui récoltera l'héritage de Kepler et contribuera à apporter une réponse crédible à la question la plus souvent posée par ceux qui observent le ciel nocturne: « Y a-t-il de la vie là-haut ? »***

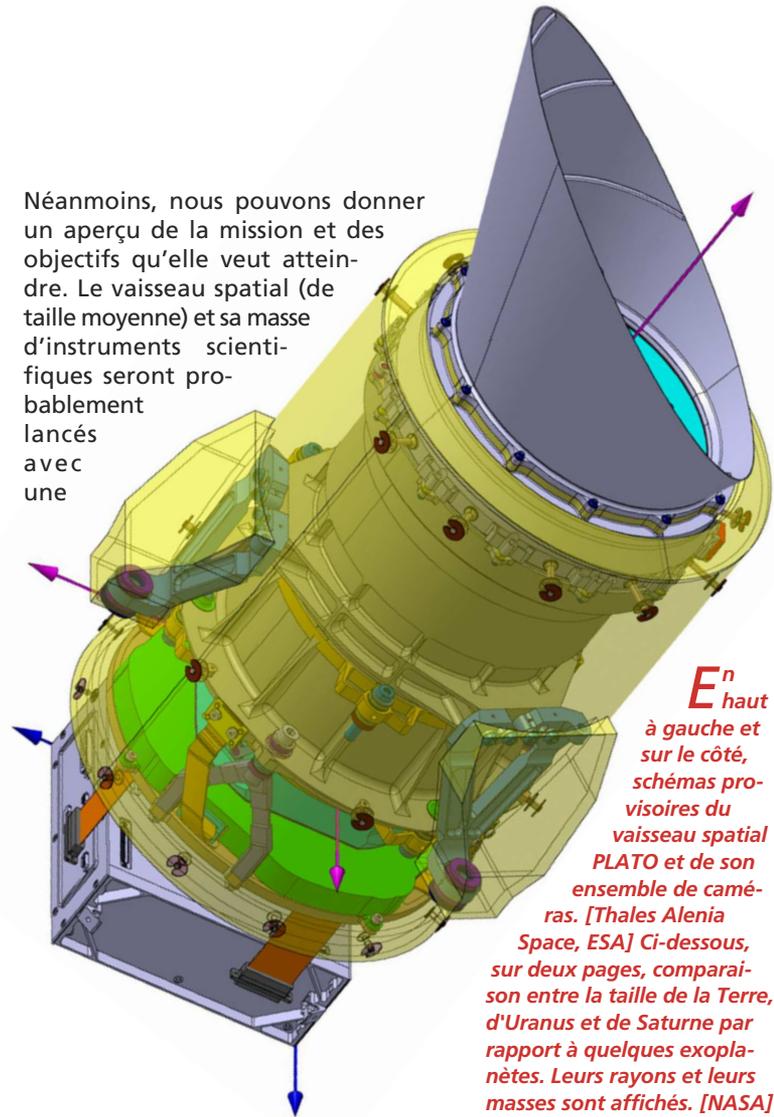
**L**a mission PLATO sera réalisée. Le Comité du programme scientifique de l'ESA, qui s'est réuni à Madrid au début de l'été, l'a confirmé. Cette nouvelle est très importante, parce que PLATO, en synergie avec le Télescope extrêmement large de l'ESO (ELT) et le Télescope spatial James Webb (JWST) de la NASA, sera essentiel pour découvrir et vérifier les planètes jumelles de la Terre et, éventuellement, la vie qui peut y exister. PLATO est un acronyme pour « PLANetary Transits and Oscillations of stars », et sa ressemblance avec le nom de l'un des plus grands anciens philosophes grecs n'est pas un hasard. Platon a cherché une solution harmonieuse et

uniforme au problème des « étoiles errantes » (les planètes dans notre système solaire) ; de la même façon, PLATO aidera les chercheurs à mettre de l'ordre à l'image d'ensemble, maintenant plutôt confuse, décrivant la naissance et l'évolution des systèmes planétaires et les nombreuses variantes que nous observons à l'intérieur d'eux. Le projet PLATO a une histoire longue de dix ans, ayant été proposé pour la première fois en 2007, comme une mission possible à entreprendre dans le cadre du programme Cosmic Vision 2015-2025, que l'ESA a présenté en 2005 pour la planification à long terme d'un cycle de missions spatiales avec des cibles diversifiées.

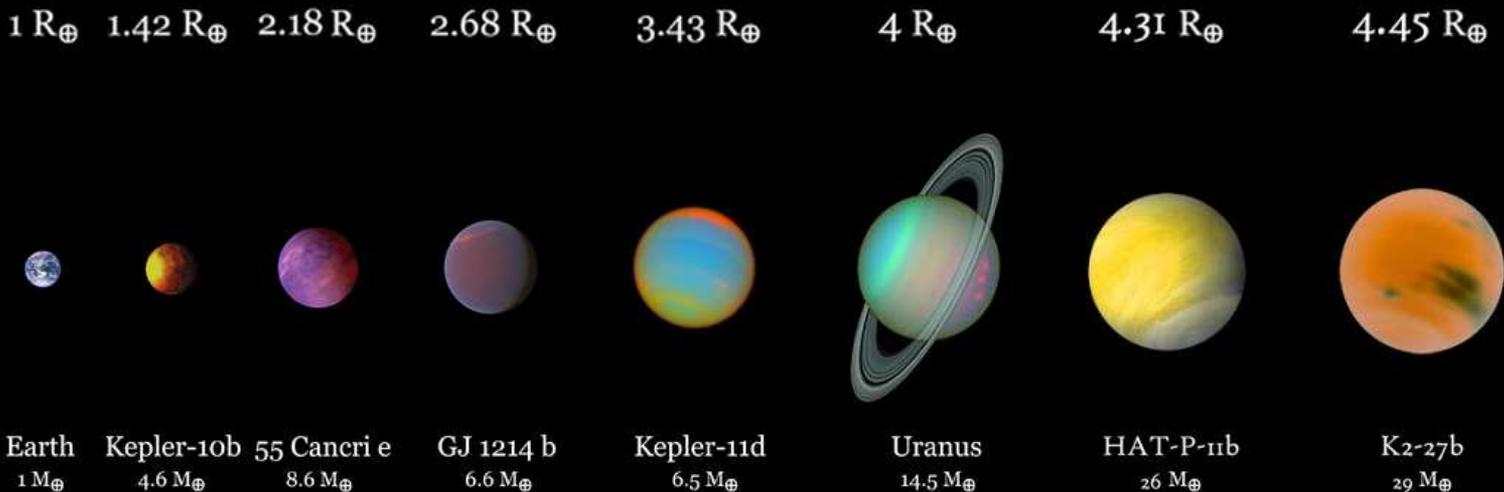


Après avoir franchi les étapes de l'évaluation (2009) et de la définition (2010), la mission PLATO a été sélectionnée en 2011, avec d'autres candidats, pour un éventuel lancement en 2024. Trois ans plus tard, PLATO est devenue partie intégrante du programme Cosmic Vision et, entre 2015 et 2016, l'ESA a commandé des études à Thales Alenia Space, OHB System AGV et Airbus DS pour définir les systèmes et sous-systèmes du vaisseau spatial. Enfin, le 20 juin de cette année, PLATO a été officiellement ajoutée au programme scientifique de l'ESA, ce qui signifie passer de la phase de conception à la construction réelle du véhicule et de son instrumentation scientifique. Puisque le lancement est maintenant prévu pour 2026, il est trop tôt pour spécifier en détail quelles seront les stratégies d'observation de la mission, car elles dépendent des progrès de notre connaissance des exoplanètes et du développement continu des technologies qui équiperont l'observatoire spatial.

Néanmoins, nous pouvons donner un aperçu de la mission et des objectifs qu'elle veut atteindre. Le vaisseau spatial (de taille moyenne) et sa masse d'instruments scientifiques seront probablement lancés avec une



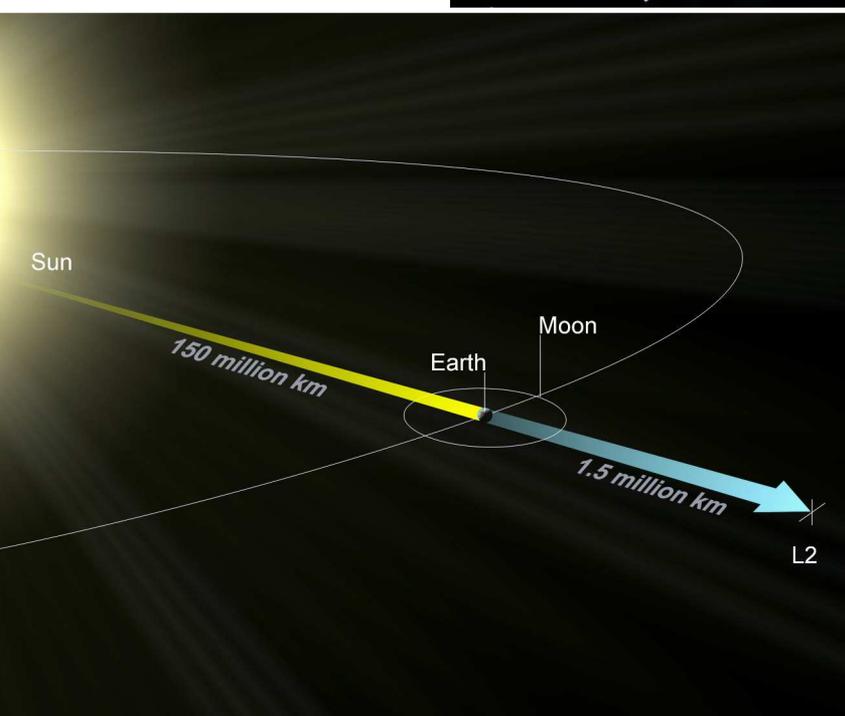
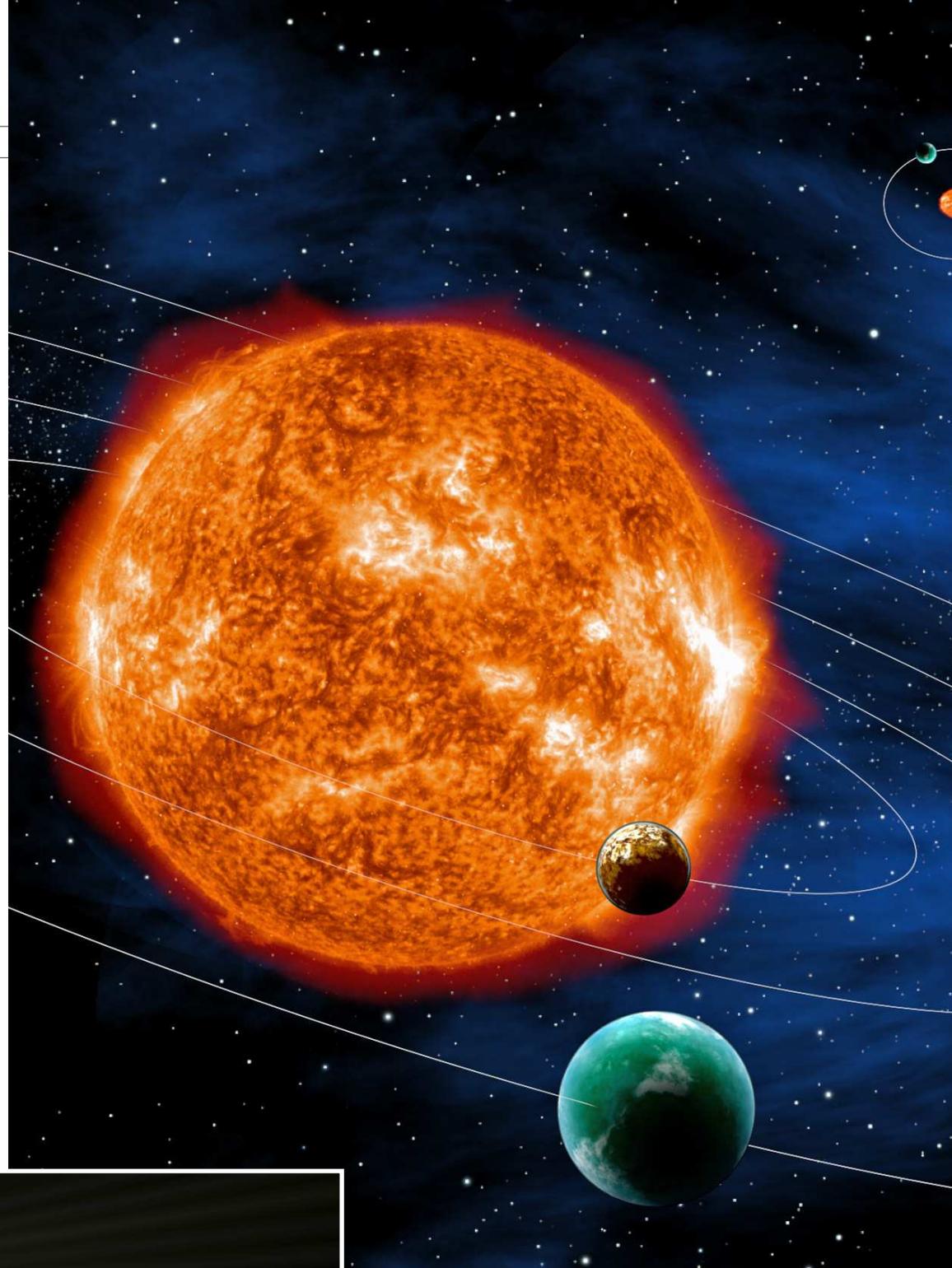
**En haut** à gauche et sur le côté, schémas provisoires du vaisseau spatial PLATO et de son ensemble de caméras. [Thales Alenia Space, ESA] Ci-dessous, sur deux pages, comparaison entre la taille de la Terre, d'Uranus et de Saturne par rapport à quelques exoplanètes. Leurs rayons et leurs masses sont affichés. [NASA]





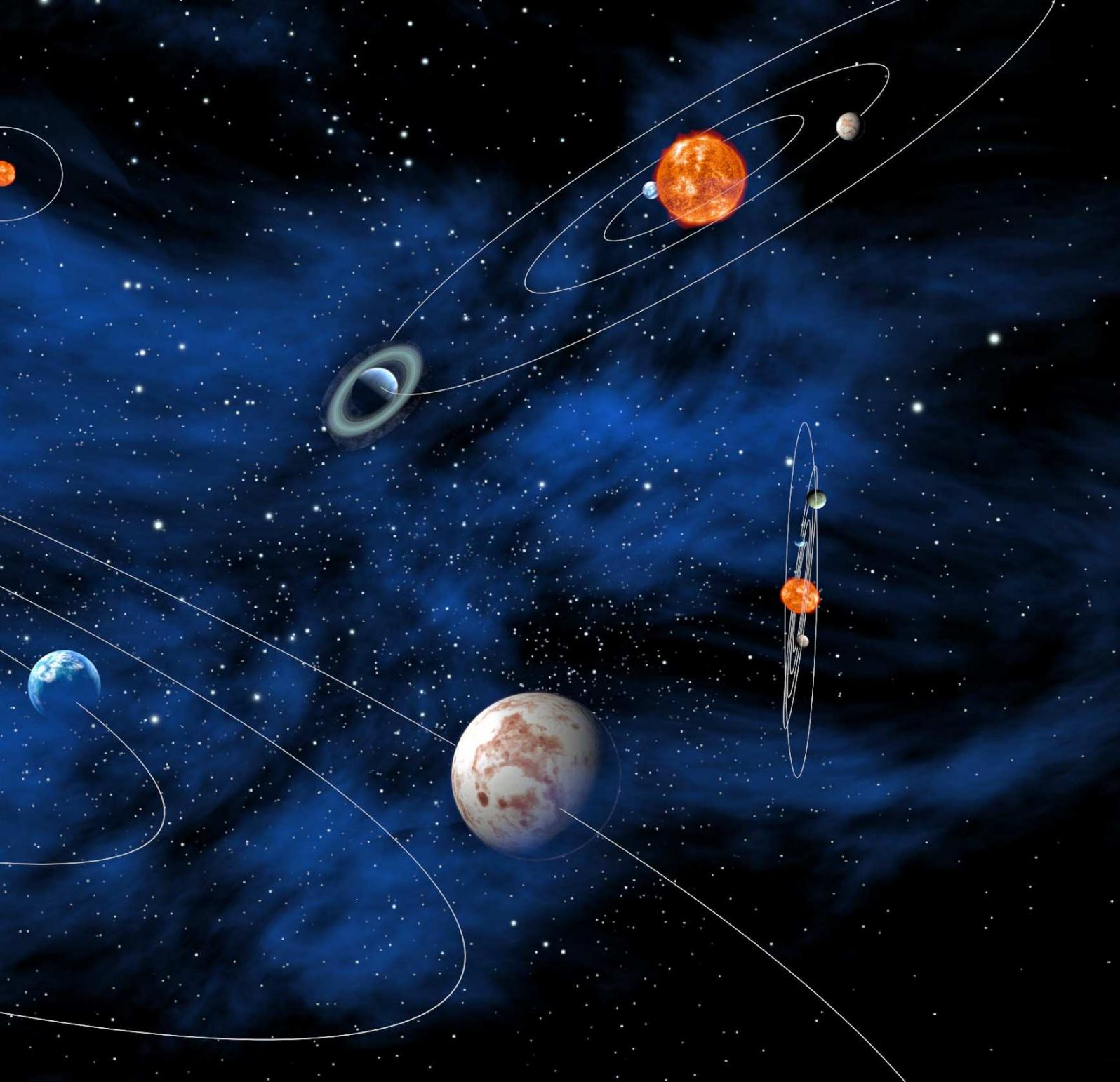
innombrables mesures photométriques qu'il effectuera au cours de sa mission aideront à découvrir les planètes qui transitent devant les disques stellaires et les oscillations qu'intéressent ces étoiles, c'est-à-dire des pulsations de taille modeste qui se manifestent dans les couches extérieures.

La cible de PLATO sera essentiellement de démontrer l'existence de variations de luminosité et leur périodicité, alors que ce sera le rôle des grands télescopes au sol ou dans l'espace de confirmer l'existence de planètes et d'oscillations, et d'ajouter autant d'informations que possible. Contrairement à ses prédécesseurs CoRoT et Kepler, PLATO étudiera des étoiles relativement brillantes et donc généralement plus proches, ce qui permettra de déterminer les paramètres orbitaux et les principales caractéristiques physiques des planètes et de leurs étoiles.



La précision de la surveillance photométrique de PLATO consentira de déterminer les diamètres des planètes en transit avec une marge d'erreur de 3%, ce qui permettra de calculer les masses planétaires (en utilisant la méthode de la vitesse radiale) avec une erreur maximale de 10%. Pour déterminer la masse précise

**C**i-dessus, la mission PLATO assemblera le premier catalogue de planètes confirmées et caractérisées, avec densité moyenne connue, compositions, âges, stade évolutif. [ESA, C. Carreau]. À gauche, une représentation du point L2. [ESA]

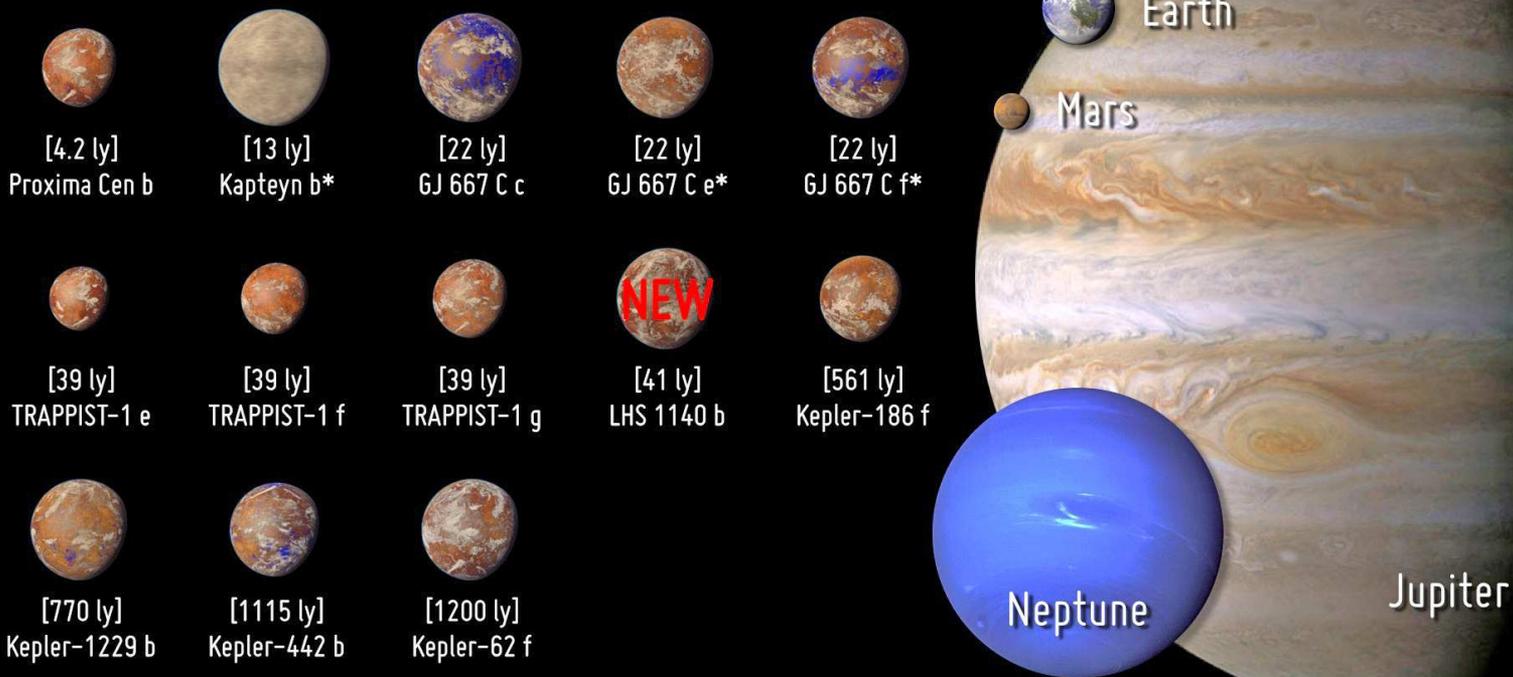


d'une planète, il est néanmoins nécessaire de connaître exactement la masse de son étoile. Puis, si nous connaissons aussi le diamètre et l'âge de l'étoile, nous pouvons avoir une idée de la phase évolutive du système. Et c'est là que les mesures des oscillations stellaires entrent en jeu. PLATO les perçoit comme des variations périodiques très faibles de la luminosité, caractérisées par une courte durée (l'oscillation de 5 minutes du Soleil, par exemple, est bien connue). En utilisant les outils mathématiques disponibles dans l'astérosis-

mologie, sur la base des propriétés des oscillations mesurées par PLATO les chercheurs pourront déterminer la structure interne des étoiles observées, les mouvements de leurs couches extérieures, et ainsi atteindre des valeurs suffisamment fiables (erreur inférieure à 10%) de leur âge, de leur masse et de leur diamètre. Plus ces valeurs peuvent être calculées précisément, plus il sera facile de classer les planètes en fonction de leurs propriétés physiques. Les quelques 3500 planètes extrasolaires confirmées à ce jour ont montré que,

# Potentially Habitable Exoplanets

Ranked by Distance from Earth (light years)

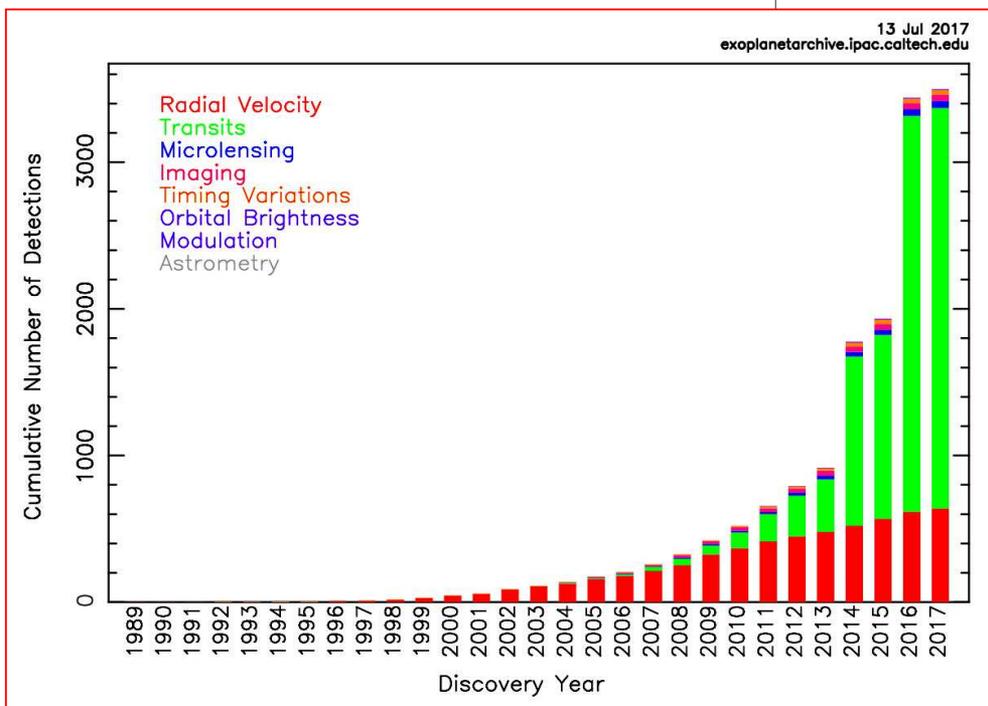


Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Distance from Earth is between brackets. Planet candidates indicated with asterisks. CREDIT: PHL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu) May 11, 2017

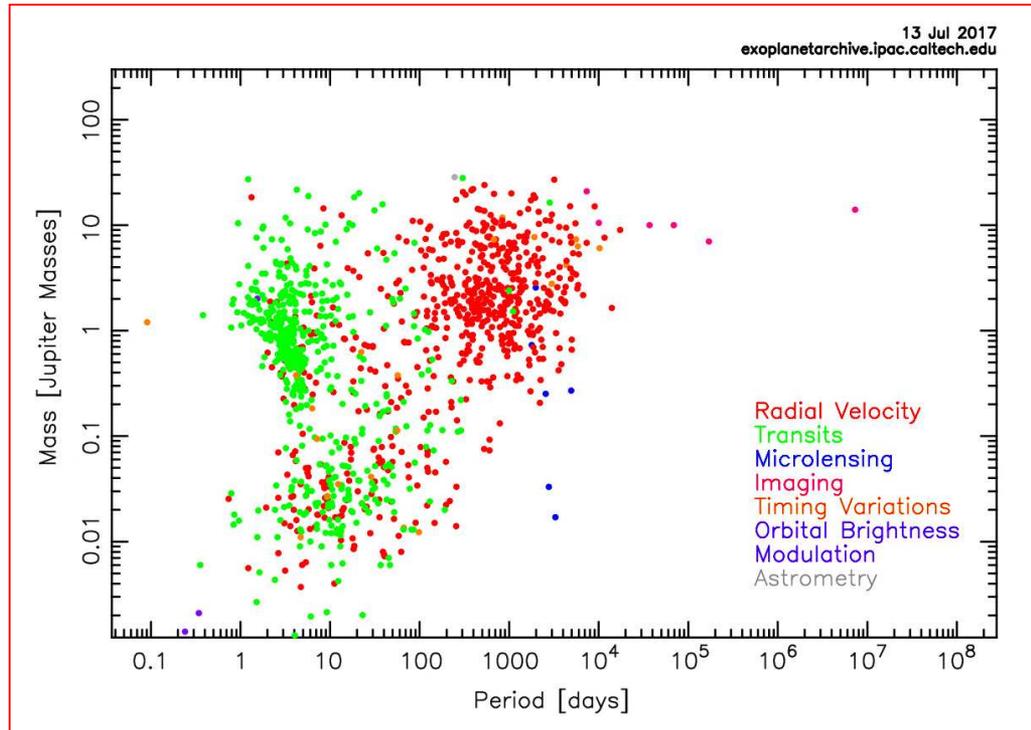
sans une connaissance précise de leur structure et celle de leurs étoiles, il est souvent difficile de faire la distinction entre une Terre, une super-Terre et une mini-Neptune. Comme nous n'avons pas d'exemples de ces deux dernières classes planétaires dans notre système solaire (qui sont, au contraire, plutôt répandues dans notre galaxie), nous ne savons pas dans quelle mesure elles peuvent se ressembler l'une à l'autre à grande distance, même s'il y a des limites évidentes entre les classes, ou si une classe se mélange à une autre, et il y a donc des planètes « hybrides ». Comme on peut l'imaginer, la classification d'une planète est donc encore plus complexe en raison de la possible présence d'une atmosphère, dont les propriétés de base (taille, densité et composition) ne peuvent pas être dérivées de la photométrie du transit. Malgré toutes ces difficultés, la précision des mesures de PLATO et les observations suivantes avec de grands télescopes nous permettront de classer de ma-

nière assez fiable des dizaines de milliers de planètes et, en connaissant l'âge des systèmes auxquels elles appartiennent, de comprendre comment chaque classe planétaire a évolué au fil du temps en fonction des propriétés stellaires. La classification appropriée d'une planète ne peut être considérée séparément du contexte dans lequel elle a été formée et du temps écoulé depuis sa formation.

*Ci-dessus, les planètes potentiellement habitables les plus proches de la Terre. [PHL @ UPR Arecibo] Ci-dessous, l'augmentation du nombre des exoplanètes découvertes. [Caltech]*



**D**istribution masse-période des exoplanètes découvertes à ce jour avec toutes les techniques disponibles aux astronomes. [Caltech]



Que les planètes évoluent dynamiquement et physiquement est une donnée : dans les premiers stades de la formation d'un système planétaire, les orbites changent, parfois sensiblement ; au fur et à mesure que des millions et des milliards d'années passent, les planètes de taille de la Terre perdent leur atmosphère primordiale d'hydrogène et la remplacent par une plus propice à la vie (comme nous le connaissons) ; les atmosphères de plus petites planètes rocheuses se dissolvent peu à peu dans le flux de rayonnement stellaire ; enfin, les géants de gaz refroidissent et se contractent.

En résumé, PLATO jouera un rôle clé dans l'interprétation correcte des structures des systèmes planétaires, et nous saurons enfin si notre système solaire est similaire à beaucoup d'autres ou non. De toute évidence, les découvertes les plus attendues seront celles liées aux planètes de taille terrestre en orbite autour d'une étoile de type solaire dans la zone habitable (où l'eau peut exister sous forme liquide). Bien que les cibles de PLATO incluront des naines rouges et des étoiles plus grandes que le Soleil, un certain nombre

d'études récentes ont soulevé de sérieuses questions sur l'habitabilité des planètes qui orbitent des étoiles qui sont significativement différentes du Soleil. L'attention des chercheurs se concentrera probablement sur des systèmes étoile-planète jumeaux du système Soleil-Terre. Parmi les 3500 planètes extrasolaires confirmées à ce jour (1000 autres sont en cours de vérification), environ 1% sont de tailles similaires à celle de la Terre et orbitent dans la zone habitable de leurs étoiles. Si ce pourcentage est représentatif de la totalité des planètes existantes, nous pouvons nous attendre à ce que PLATO découvre quelques centaines de planètes potentiellement similaires à la Terre. Une fois que les cibles les plus prometteuses auront été sélectionnées, les scientifiques tenteront de les observer à distance du disque stellaire et leurs atmosphères seront examinées au moyen de la spectroscopie par JWST, ELT et les télescopes les plus puissants actuellement disponibles aux astronomes. Finalement, nous saurons si notre galaxie contient des planètes habitables à des distances relativement courtes et si elles hébergent déjà la vie. ■

# Première lumière pour MASCARA à La Silla

*par ESO / Thierry Botti*

**E**n juin 2016, l'ESO a conclu un accord avec l'Université de Leiden visant à installer une station MASCARA à l'Observatoire de La Silla de l'ESO au Chili, où les conditions d'observation du ciel de l'hémi-

sphère sud sont excellentes. Cette station effectue dès à présent – et avec succès – ses premiers tests.

La station MASCARA au Chili est la seconde à entrer en opération ; la première station est implantée dans l'hémisphère nord, à l'Observatoire Roque de los Muchachos, sur l'île de La Palma dans l'archipel des Canaries.

Chaque station se compose d'une batterie de caméras confinées dans une enceinte à température contrôlée. Leur objectif est de scruter la quasi-totalité du ciel visible depuis leur site d'observation.

MASCARA est en mesure de détecter des étoiles de magnitude inférieure ou égale à 8,4 (dont la luminosité est



quelque dix fois inférieure à celle des étoiles visibles à l'œil nu par temps clair et par nuit noire). MASCARA est moins sensible aux conditions météo que les autres instruments d'observation, ce qui permet d'effectuer des observations lorsque le ciel est partiellement couvert, et donc d'étendre les temps d'observation.

« Afin de couvrir la totalité du ciel, les stations doivent être implantées dans les hémisphères nord et sud »

précise Ignas Snellen de l'Université de Leiden et porteur du projet MASCARA. « Grâce à la mise en place de la seconde station à La Silla, nous sommes désormais en mesure d'observer toutes les étoiles (ou presque) qui constellent le ciel ».

Conçu par l'Université de Leiden aux Pays-Bas, MASCARA est un chercheur d'exoplanètes. Sa forme compacte et sa conception à moindre coût masquent son caractère nova-

teur, sa flexibilité et sa grande fiabilité. Doté de cinq caméras numériques dont les composants sont de série, le petit chasseur d'exoplanètes effectue des mesures répétées de la luminosité de milliers d'étoiles et détecte, au moyen d'un logiciel, la faible diminution de brillance stellaire consécutive à un transit planétaire.

Cette méthode de détection des exoplanètes a été baptisée photométrie



**L**a station MASCARA (Caméra Plein-Ciel et Multi-Site) installée à l'Observatoire de La Silla de l'ESO au Chili a capté sa toute première lumière en juillet 2017. Ce nouvel instrument dédié à la recherche d'exoplanètes en transit devant leur étoile hôte de brillance élevée contribuera à la création d'un catalogue de cibles destinées à faire l'objet d'observations ultérieures. Cette vue nocturne montre la station MASCARA à l'avant-plan des autres télescopes de l'Observatoire La Silla qui s'étendent jusqu'au télescope de 3,6 mètres de l'ESO. [ESO/G. Otten and G. J. Talens]

des transits. Elle permet de déterminer, de manière directe, la taille ainsi que l'orbite de la planète. Dans le cas des systèmes de luminosité élevée, l'atmosphère planétaire peut également être caractérisée grâce à des observations plus poussées effectuées au moyen de grands télescopes tel le VLT (Very Large Telescope) de l'ESO. Le principal objectif de MASCARA est de détecter la présence d'exoplanètes autour d'étoiles parmi les plus brillantes du ciel, ne fai-

sant l'objet d'aucune étude depuis le sol ou l'espace. Les "Jupiters chauds" figurent parmi les cibles privilégiées de MASCARA ; il s'agit de planètes de dimensions voisines de celle de Jupiter mais qui orbitent à très grande proximité de leur étoile hôte, ce qui leur confère une température de surface élevée et une période orbitale de quelques heures seulement. Parce qu'ils exercent une influence gravitationnelle non négligeable sur leurs étoiles hôtes, des di-

zaines de Jupiters chauds ont été découverts au moyen de la méthode basée sur la vitesse radiale.

« Peu d'informations peuvent encore être extraites des exoplanètes découvertes grâce à la méthode des vitesses radiales. L'adoption de techniques d'imagerie directe nettement plus élaborées constitue un pré-requis indispensable en effet pour séparer la lueur émanant de ces vieilles planètes froides de l'intense lumière émise par leurs étoiles hôtes », pré-

Cette photographie témoigne de l'installation de la station dans les lieux du couchant. [ESO/G. Otten and G. J. Talens]





Sur cette image figurent les cinq caméras composant la station MASCARA. Dotées chacune d'optiques grand-angle, elles permettent à MASCARA de photographier, à chaque instant, la quasi-totalité du ciel visible. [ESO/G. J. Talens]

cise Ignas Snellen. « Au contraire, les planètes qui transitent devant leurs étoiles hôtes peuvent être facilement caractérisées. »

MASCARA dispose également de la capacité à détecter des super-Terres et des planètes de la taille de celle de Neptune. Le projet vise à constituer un catalogue de cibles parmi les étoiles proches les plus brillantes. Les exoplanètes détectées (leurs atmosphères notamment) feront l'objet d'observations ultérieures. ■



# Hubble voit des groupes de nouvelles étoiles dans une galaxie lointaine

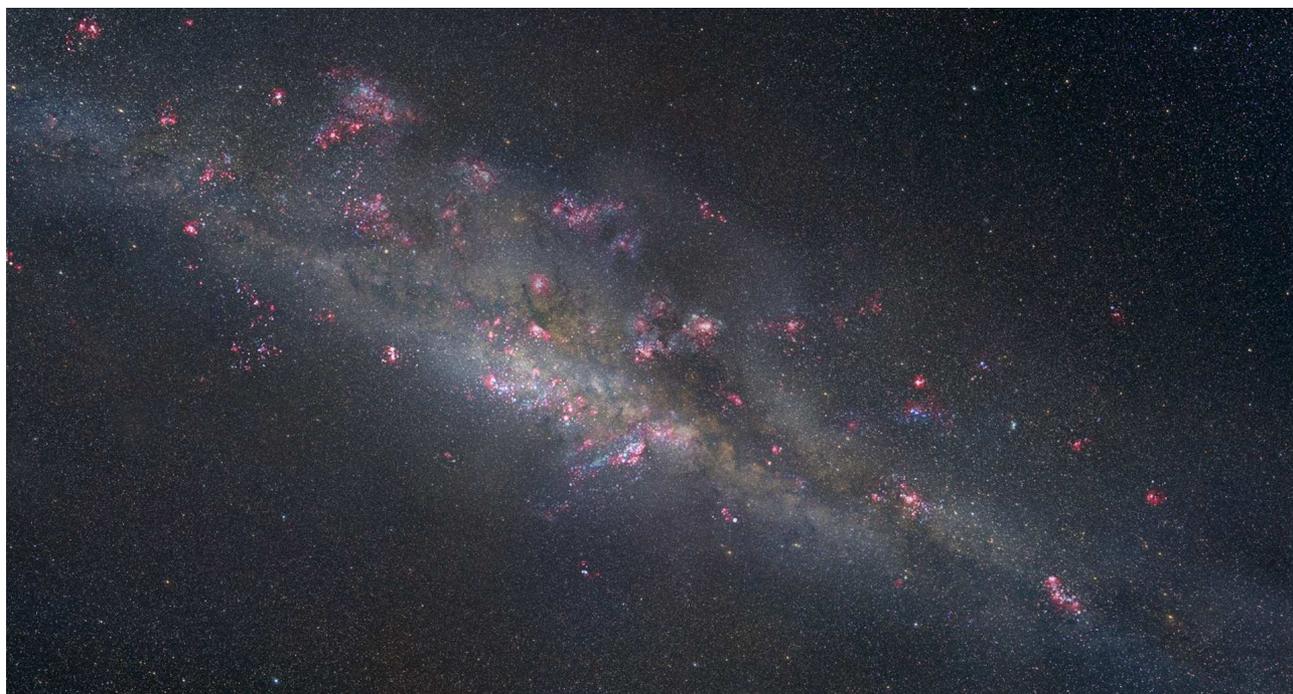
par NASA/ESA

**E**n ce qui concerne l'univers lointain, même la vision aiguë du télescope spatial Hubble ne peut aller si loin. La recherche de détails

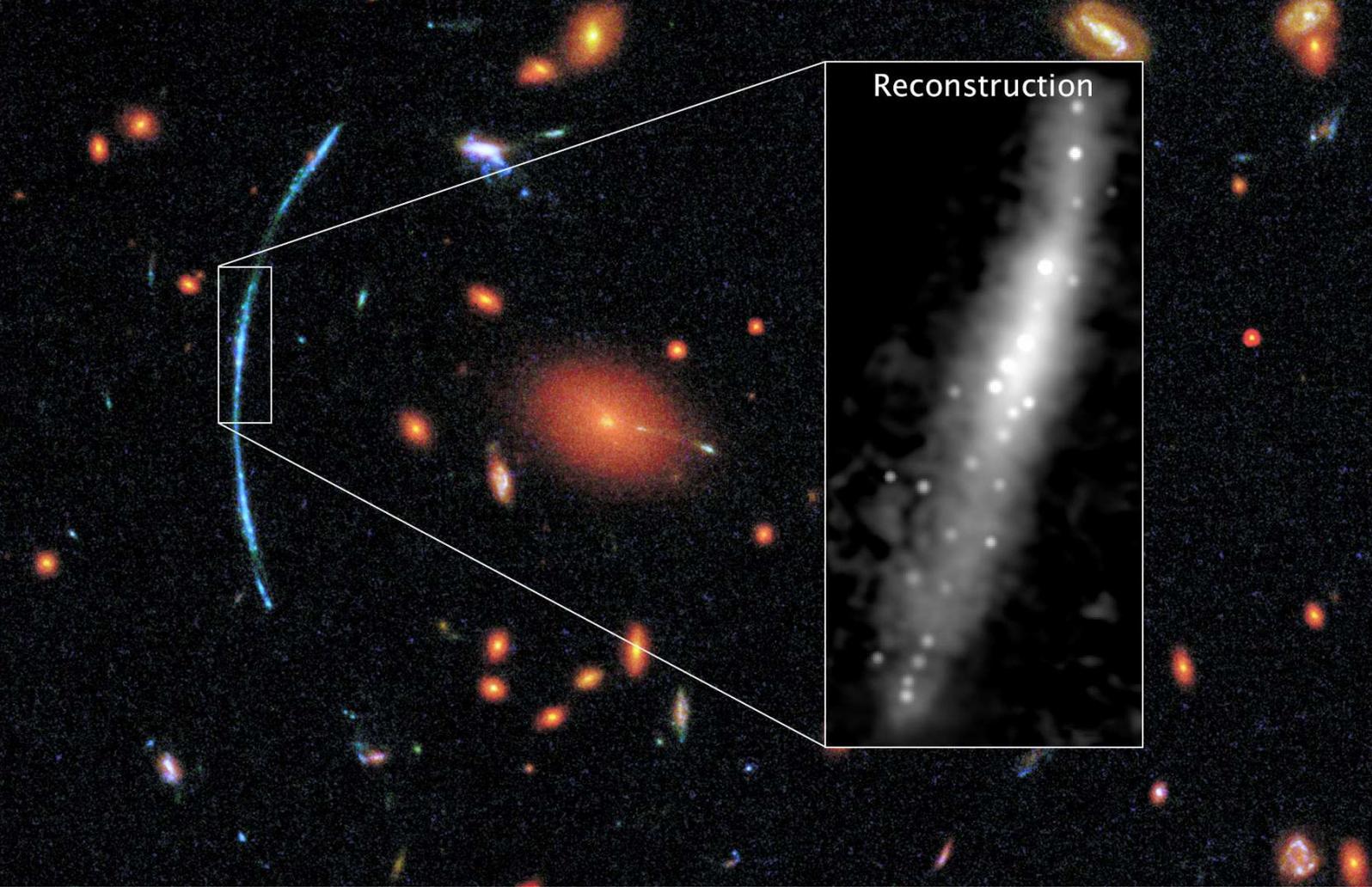
plus fins nécessite une pensée intelligente et un peu d'aide à partir d'un alignement cosmique avec une lentille gravitationnelle. En appliquant une nouvelle analyse de calcul à une galaxie magnifiée par une lentille gravitationnelle, les astronomes ont

obtenu des images 10 fois plus nettes de ce que Hubble pourrait obtenir seul. Les résultats montrent une galaxie vue sur le côté, cloutée d'amas lumineux d'étoiles nouvelles-nées.

« Lorsque nous avons vu l'image reconstruite, nous avons dit : hou la la !



**C**ette illustration artistique montre comment la galaxie déformée par une lentille gravitationnelle SDSS J1110 + 6459 pourrait apparaître de près. Une mer de jeunes étoiles bleues striée par des lignes de poussière sombres et cloutée de taches roses brillantes qui marquent les sites de formation d'étoiles. La luminosité des points provient de l'hydrogène ionisé, comme on le voit dans la nébuleuse d'Orion dans notre propre galaxie. Selon des nouvelles recherches, ces régions éloignées de formation d'étoiles sont des groupes grands de 200 à 300 années-lumière. Cela contredit les théories précédentes qui suggèrent que ces régions peuvent être plus grandes, 3000 années-lumière ou plus de taille. [NASA, ESA, and Z. Levay (STScI)]



## Reconstruction

Dans cette photographie de Hubble d'un amas de galaxies lointain se dresse un arc bleu irrégulier sur un fond de galaxies rouges. Cet arc est en fait trois images distinctes de la même galaxie d'arrière-plan, qui était gravitationnellement modifiée, sa lumière intensifiée et déformée par un amas de galaxies interposé. En utilisant la puissance d'intensification de cette lentille cosmique naturelle, les astronomes ont pu étudier la galaxie d'arrière-plan en détail. Grâce à des processus sophistiqués aux ordinateurs, ils ont déterminé comment l'image de la galaxie est déformée par gravité. L'image dans le cadre montre comment la galaxie apparaîtrait à Hubble sans distorsion. Elle révèle un disque galactique contenant des régions de formation d'étoile, chacune grande 200 à 300 années lumière. [NASA, ESA, and T. Johnson (University of Michigan)]

il semble que les feux d'artifice viennent de partout », a déclaré l'astronome Jane Rigby, du Goddard Space Flight Center de la NASA, à Greenbelt, Maryland. La galaxie en question est si loin que nous l'avons vue comme elle apparaissait il y a 11 milliards d'années, seulement 2,7 milliards d'années après le Big Bang. C'est l'une des plus de 70 galaxies fortement déformées par une lentille étudiées par le télescope spatial Hubble, pour approfondir des cibles sélectionnées par la Sloan Giant Arcs Survey, qui a découvert des centaines de galaxies de ce type, en recherchant des données photographiques dans la Sloan Digital Sky Survey, qui couvre un quart du ciel. La gravité d'un groupe géant de galaxies situé entre la galaxie cible et la Terre déforme la lumière de la galaxie la plus éloignée, l'étirant en arc et l'amplifiant presque

30 fois. L'équipe a dû développer un code informatique spécial pour éliminer les distorsions causées par la lentille gravitationnelle et révéler le disque de la galaxie tel qu'il apparaîtrait normalement. L'image reconstruite résultante a révélé deux douzaines de groupes d'étoiles nouvelles, chacun couvrant environ 200 à 300 années-lumière. Cela contredit les théories qui suggèrent que les régions de formation d'étoiles dans l'univers lointain et jeune étaient beaucoup plus grandes, 3000 années-lumière ou plus. « Il y a des régions de formation jusqu'à la taille minimale que nous pouvons voir », a déclaré l'étudiante de doctorat Traci Johnson de l'Université du Michigan, auteur principal de deux des trois articles décrivant la recherche. Sans l'intensification de la lentille gravitationnelle, a ajouté Johnson, le disque de la ga-

laxie apparaîtrait parfaitement lisse et insignifiant pour Hubble. Cela donnerait aux astronomes une image très différente de l'endroit où les étoiles se forment. Tandis que Hubble a mis en évidence de nouvelles étoiles dans la galaxie intensifiée, le télescope spatial James Webb de la NASA découvrira des étoiles plus anciennes et plus rouges qui se sont formées encore plus tôt dans l'histoire de la galaxie. Il examinera également toute poussière obscure dans la galaxie. « Avec le télescope Webb, nous serons en mesure de dire ce qui est arrivé dans le passé dans cette galaxie, et ce que nous avons manqué avec Hubble à cause de la poussière », a déclaré Rigby. Ces résultats apparaissent dans un article publié sur *The Astrophysical Journal Letters*, et dans deux articles supplémentaires publiés sur *The Astrophysical Journal*. ■

# Les préparatifs pour Mercure : BepiColombo complète les tests

par ESA

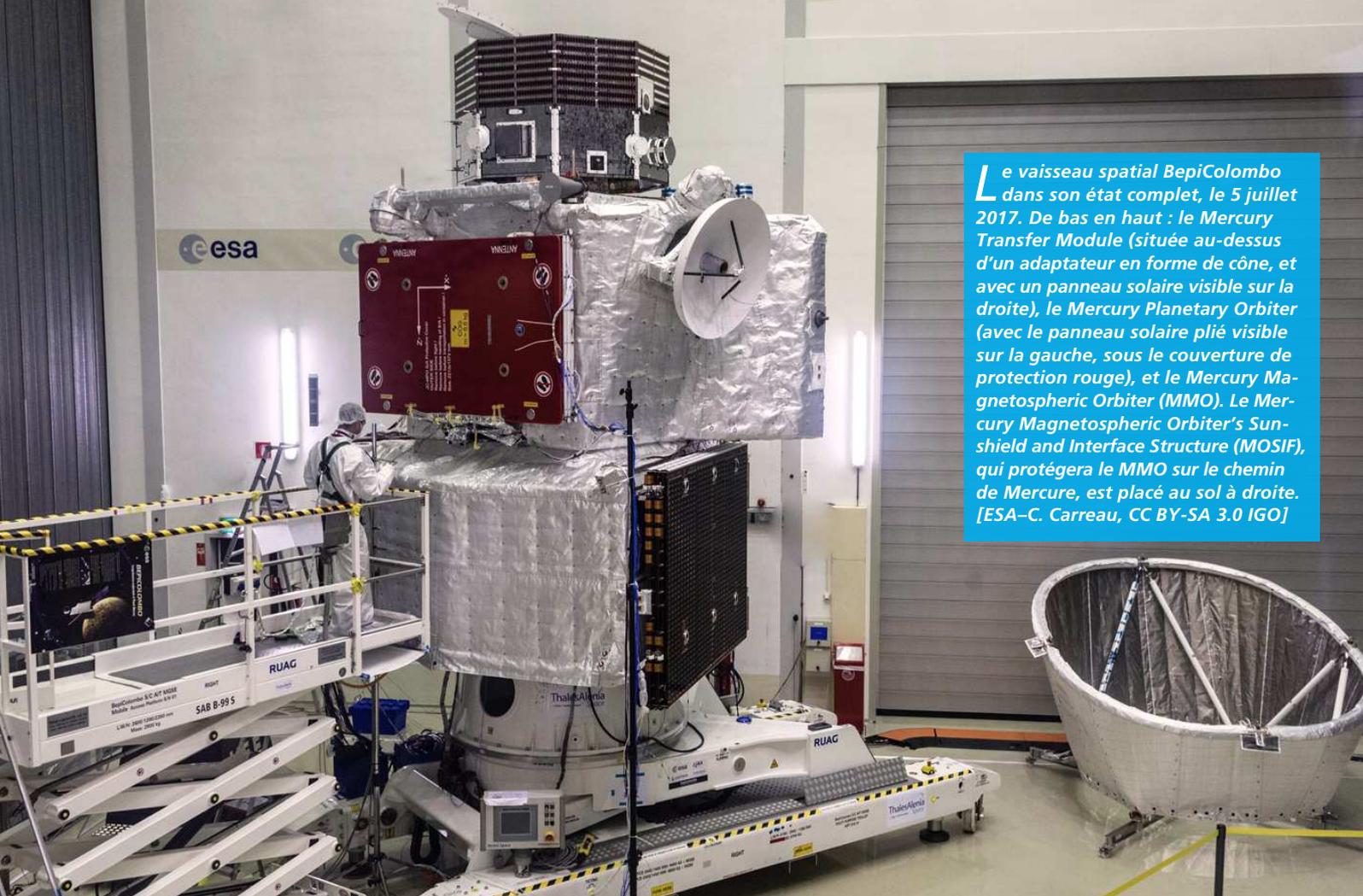
Le vaisseau spatial pour Mercure de l'ESA a passé son test final en configuration de lancement, c'est la dernière fois qu'il sera empilé de cette façon avant d'être réassemblé sur le site de lancement l'année prochaine. Les deux orbiteurs de BepiColombo, le Mercury Magnetospheric Orbiter japonais et le Mercury Planetary Orbiter de l'ESA, seront transportés par le Mercury Transport Module. Le transporteur utilisera une combinaison de propulsion électrique et l'assistance gravitationnelle multiple de la Terre, de Vénus et de Mercure pour compléter le voyage de 7,2 ans vers la plus profonde et mystérieuse planète du système solaire. Après l'arrivée à Mercure, les orbiteurs se séparent et se déplacent dans leurs propres orbites pour effectuer des

mesures complémentaires de l'intérieur, de la surface, de l'exosphère et de la magnétosphère. L'information collectée nous informera plus sur l'origine et l'évolution d'une planète près de son étoile-mère, afin de mieux comprendre l'évolution globale de notre système solaire. Pour se préparer aux conditions difficiles

proches du Soleil, le vaisseau spatial a été soumis à des tests approfondis, à la fois en unités séparées et dans la configuration de lancement et de croisière de 6 mètres de hauteur. Une série de tests réalisés plus tôt cette année au centre technique de l'ESA aux Pays-Bas a été concentrée sur le déploiement des panneaux solaires



**B**epiColombo vu dans le centre de test de l'ESA le 6 juillet 2017. Le vaisseau spatial a passé le test final dans la configuration de lancement. Pour le préparer aux conditions difficiles proches du Soleil, le vaisseau spatial a été soumis à des tests approfondis, à la fois en unités séparées et dans la configuration de lancement et de croisière de 6 mètres de hauteur. [ESA-Philippe Sebirot]



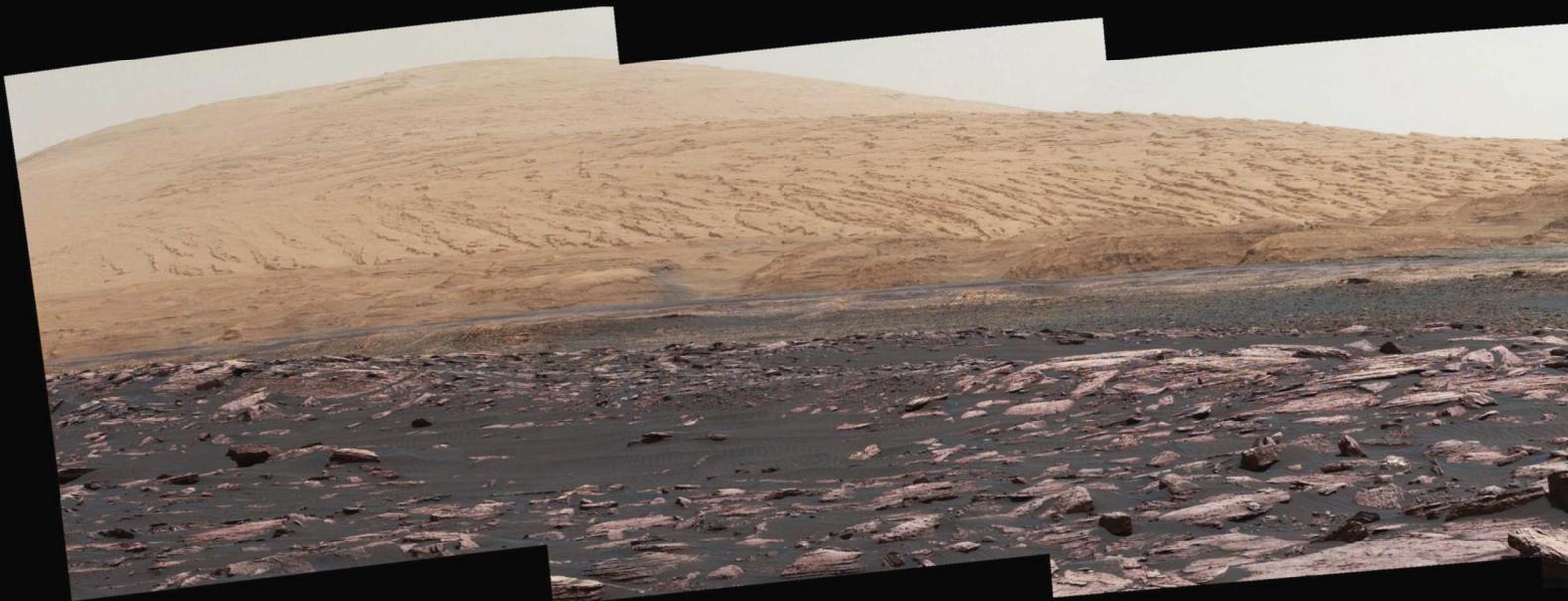
**L**e vaisseau spatial BepiColombo dans son état complet, le 5 juillet 2017. De bas en haut : le Mercury Transfer Module (située au-dessus d'un adaptateur en forme de cône, et avec un panneau solaire visible sur la droite), le Mercury Planetary Orbiter (avec le panneau solaire plié visible sur la gauche, sous le couverture de protection rouge), et le Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO). Le Mercury Magnetospheric Orbiter's Sunshield and Interface Structure (MOSIF), qui protégera le MMO sur le chemin de Mercure, est placé au sol à droite. [ESA-C. Carreau, CC BY-SA 3.0 IGO]

et sur les mécanismes qui bloquent chaque panneau en place. Le panneau de 7,5 mètres de long du Mercury Planetary Orbiter et les deux ensembles de 12 et de 7,5 mètres de long du Mercury Transport Module seront pliés dans la fusée Ariane 5. En juin, la pile complète du vaisseau spatial a été testée à l'intérieur de la chambre acoustique, où les parois sont équipées de haut-parleurs puissants qui reproduisent le bruit du lancement. En juillet, les tests ont simulé les vibrations intenses rencontrées par un satellite lors du lancement. La pile complète a été ébranlée à une gamme de fréquences, avec un mouvement à la fois vertical et horizontal. Ce sont les tests finaux à compléter avec BepiColombo dans la configuration de lancement mécanique, avant de le remon-

ter à nouveau sur le site de lancement. Par la suite, l'assemblage a été démantelé pour préparer le module de convoyage à son dernier test dans la chambre à vide thermique. Cela permettra de vérifier s'il résistera aux températures extrêmes du voyage

vers Mercure. La « qualification et acceptation » finale de la mission est prévue pour le début de mars prochain. Puis BepiColombo sera transporté vers le port spatial européen à Kourou, en Guyane française, en prévision de la fenêtre de départ d'octobre 2018. La date sera confirmée plus tard cette année. « Ce test de vibration a été la dernière occasion de voir le vaisseau spatial dans sa configuration empilée de lancement avant de quitter l'Europe. La prochaine fois sera sur la rampe de lancement, avec le ravitaillement effectué », explique Ulrich Reininghaus, responsable du projet BepiColombo de l'ESA. « C'est une étape importante pour l'équipe du projet. Nous sommes impatients de terminer les tests finaux cette année, et d'envoyer le vaisseau spatial à Kourou comme prévu. » ■

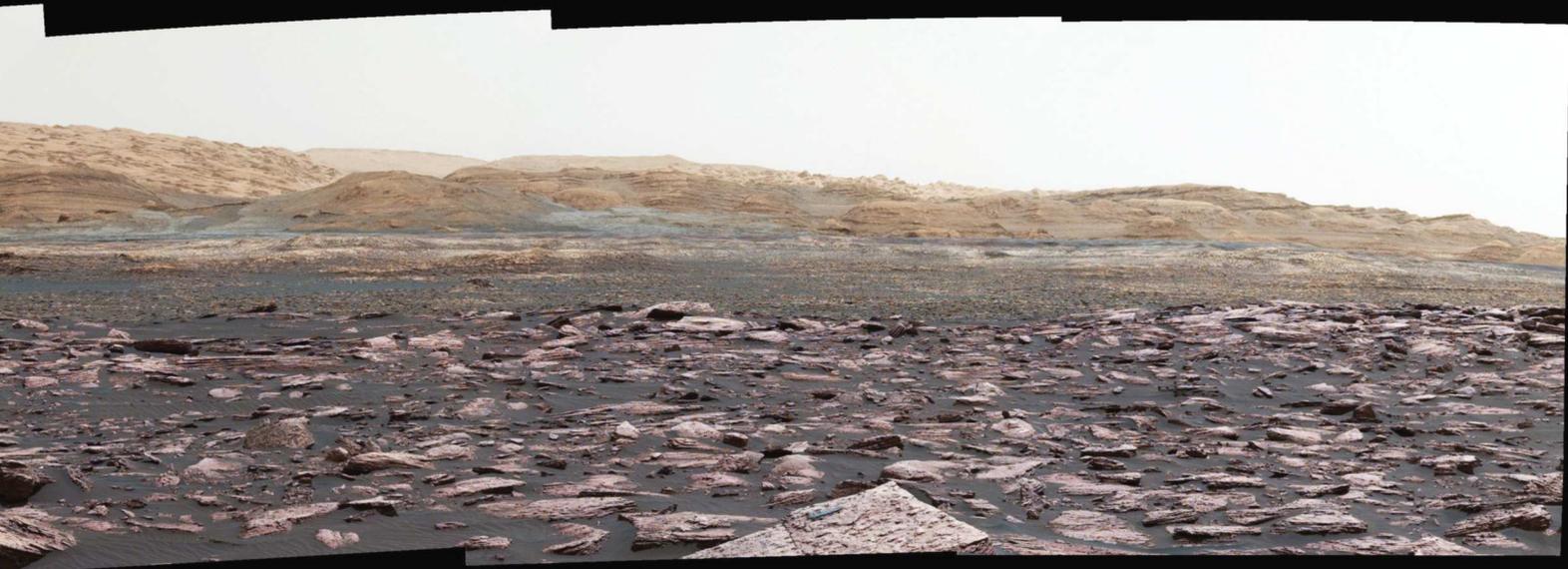
**A**nimation visualisant le voyage de 7,2 ans de BepiColombo à Mercure. Cette animation est basée sur la date de lancement du 5 octobre, compte tenu de l'ouverture de la fenêtre de lancement en octobre 2018. Elle illustre les flybys pour l'assistance gravitationnelle que le vaisseau spatial réalisera avec la Terre, Venus et Mercure, avant d'arriver à ce dernier en décembre 2025. [ESA - European Space Agency, CC BY-SA 3.0 IGO]



# Cinq ans de Curiosity sur Mars

par NASA

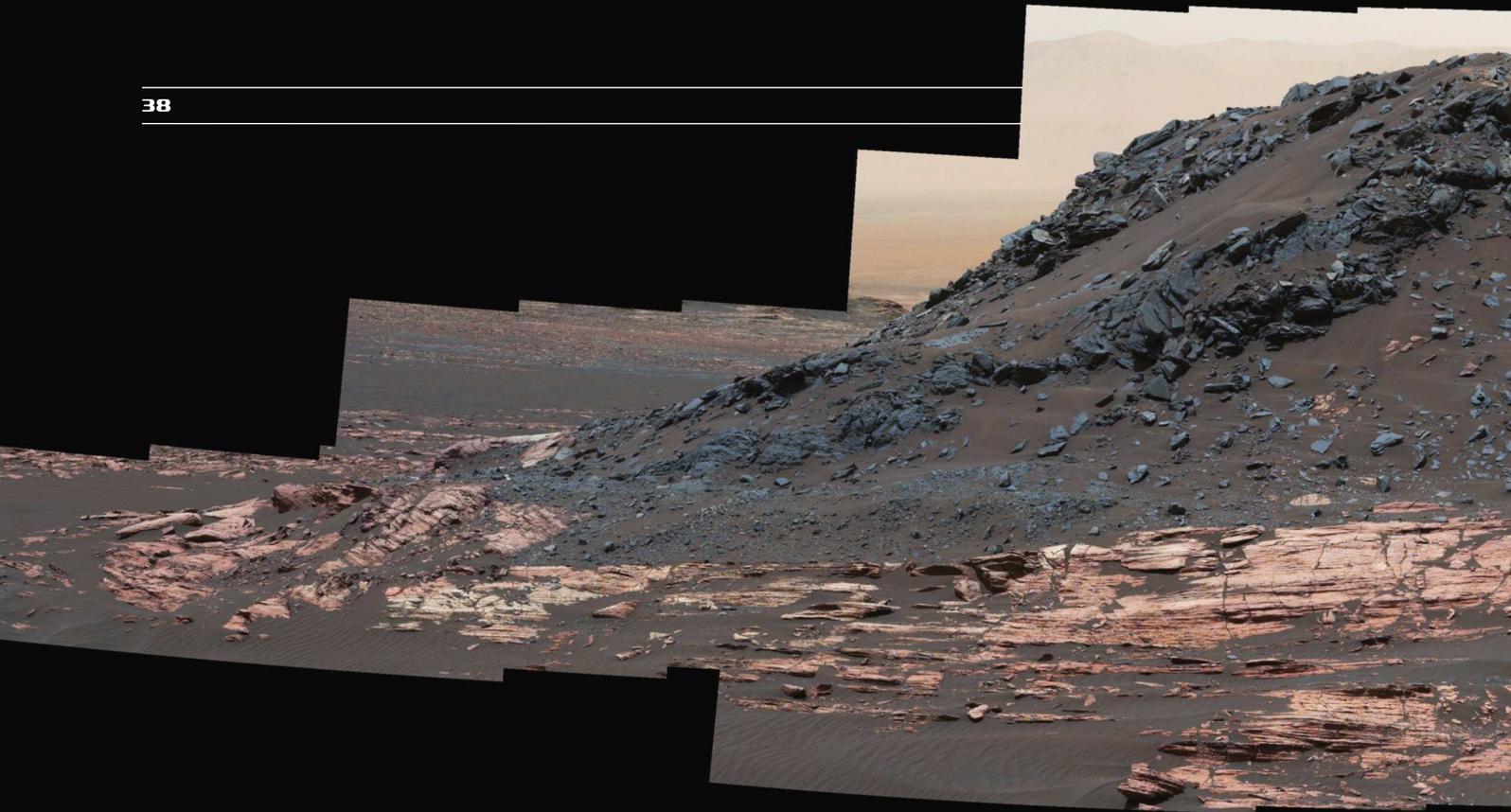
*Cinq ans se sont écoulés depuis que le rover Curiosity de la NASA a atterri près du Mont Sharp, sur Mars. Tout au long de cette période, Curiosity a parcouru plus de 16 kilomètres, en prenant plus de 200 000 images. Dans cet hommage symbolique à la mission, nous vous présentons quelques-uns des derniers spectaculaires paysages martiens créés par la fusion et l'élaboration de nombreuses images brutes différentes.*



### **Vue vers 'Vera Rubin Ridge', sur Mont Sharp, Mars.**

Ce cadrage vers l'avant de Curiosity comprend quatre couches géologiques qui doivent être examinées par la mission et des traits plus élevés du Mont Sharp au-delà de la zone d'étude prévue. Les roches les plus rouges en avant plan font partie de la formation Murray. Les roches gris pâle à la distance moyenne de la moitié droite de l'image sont dans Clay Unit. La bande entre ces terrains est Vera Rubin Ridge. Les protubérances arrondies brunes au-delà de Clay Unit sont dans Sulfate Unit, au-delà de laquelle se situent des portions plus élevées de la montagne. La vue combine six images prises avec la Mast Camera (Mastcam) le 24 janvier 2017, lors de la 1589e journée martienne, ou « sol », du travail de Curiosity sur Mars, lorsque le rover était encore plus d'un demi-mille (environ un kilomètre) au nord de Vera Rubin Ridge. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre. La vue s'étend de l'est-sud-est vers la gauche, et vers le sud sur la droite. La crête a été informellement nommée au début de 2017 en mémoire de Vera Cooper Rubin (1928-2016), dont les observations astronomiques ont fourni des preuves de l'existence de la matière noire dans l'univers. Ci-dessous, deux gros plans extraits d'une autre mosaïque de la même région et comprenant 112 images individuelles. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]





### 'Ireson Hill' sur Mont Sharp, Mars.

Ce monticule sombre, appelé Ireson Hill, s'élève à environ 5 mètres au-dessus du matériau en couches rocheuses plus rouges de la formation Murray, au pied du Mont Sharp, près d'un endroit où Curiosity a examiné une dune de sable linéaire en février 2017. Les chercheurs ont utilisé la Mastcam le 2 février 2017, lors du 1598<sup>e</sup> sol de Curiosity sur Mars, pour prendre les 41 images combinées dans cette scène. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre. La vue s'étend de l'ouest-sud-ouest sur la gauche, au nord-ouest vers la droite. L'horizon faible et lointain au-delà d'Ireson Hill fait partie du bord du cratère Gale. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]

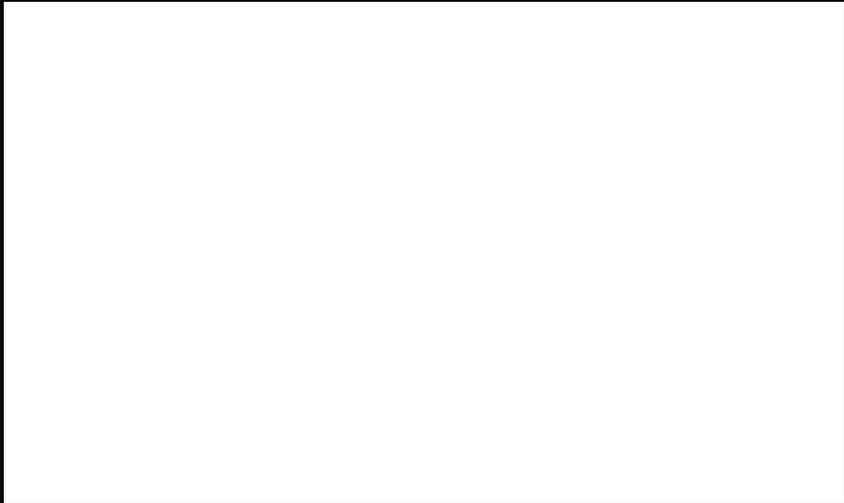
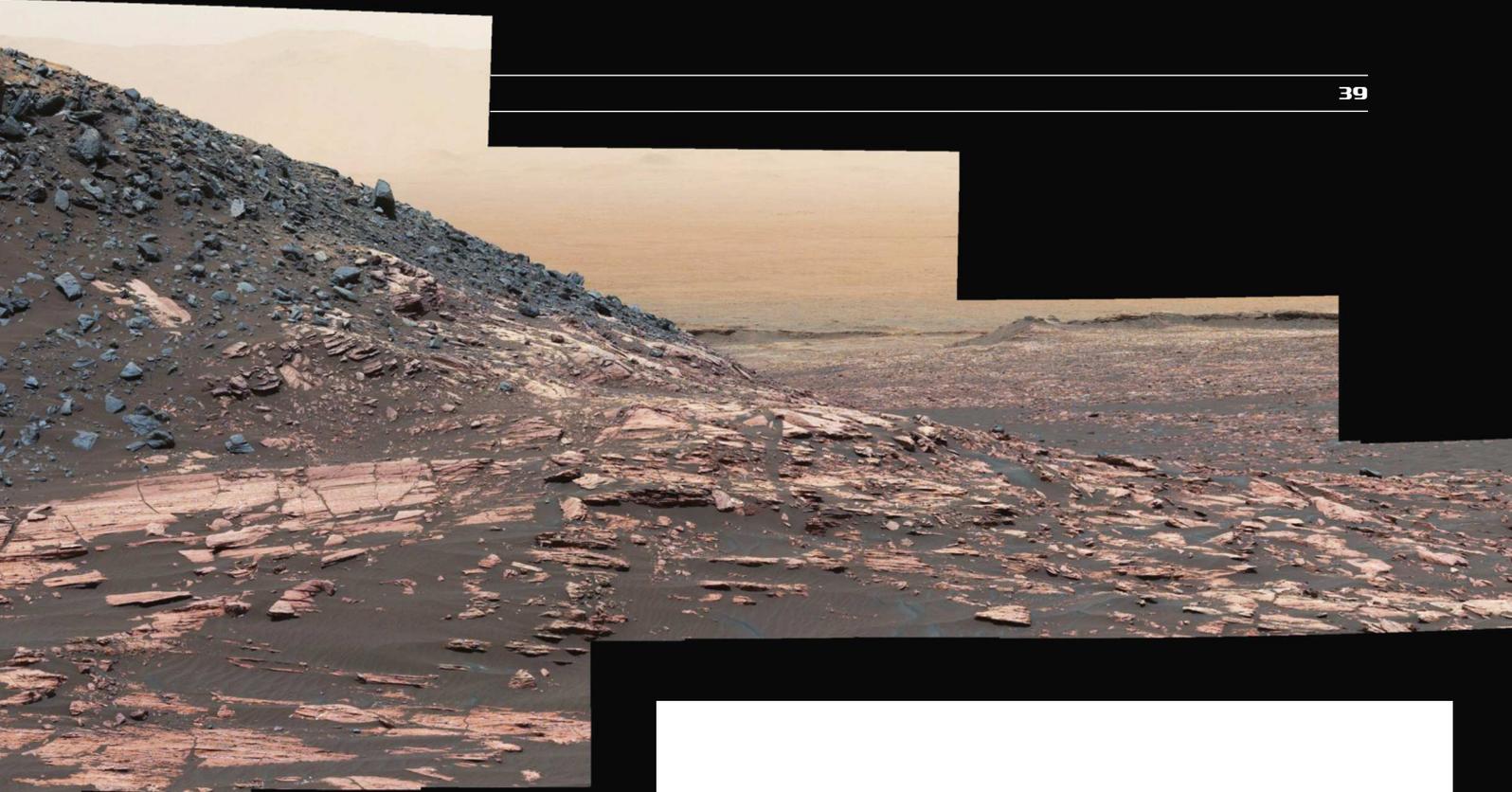


### 'Nathan Bridges Dune' sur une montagne martienne.

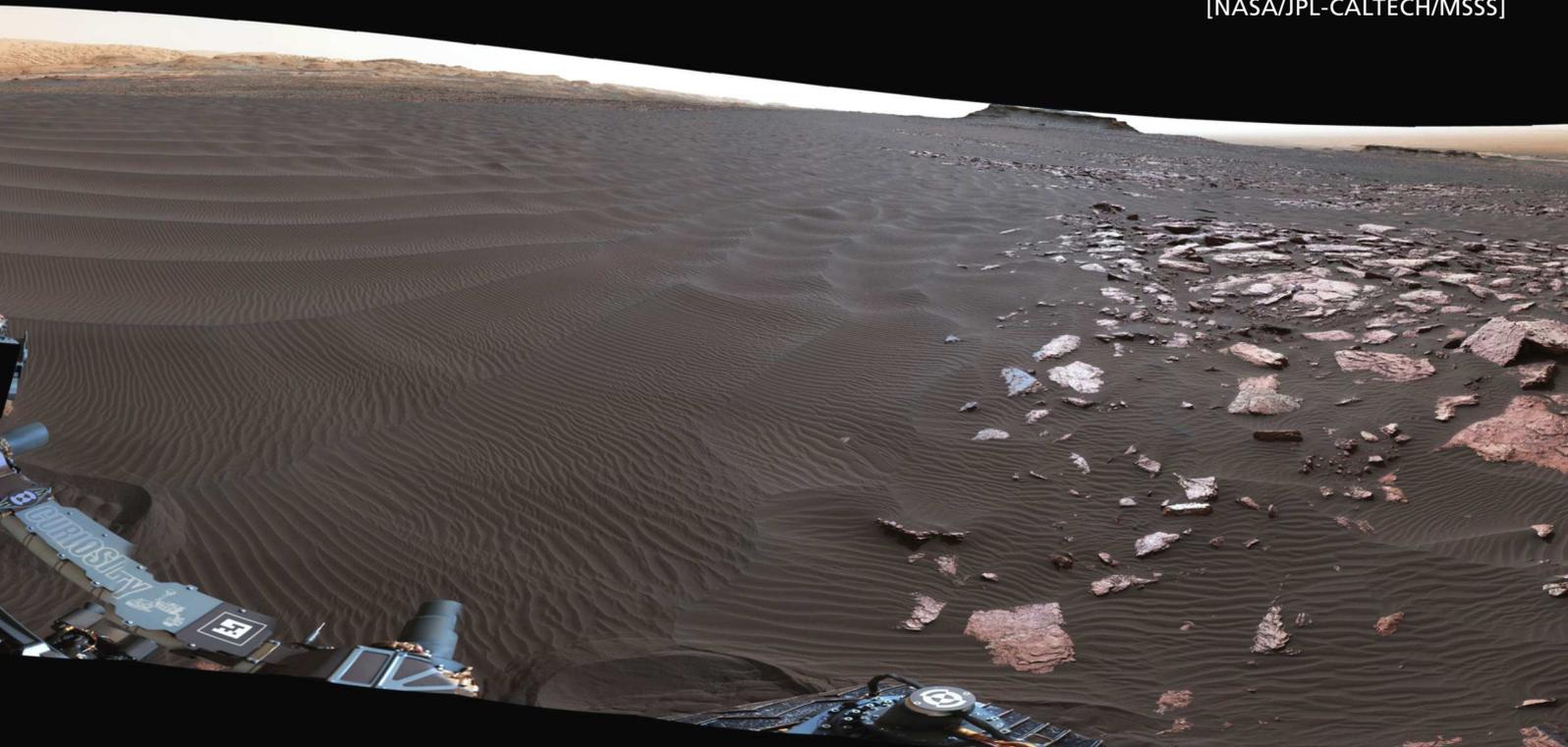
Une dune ondulée et linéaire de sable martien sombre, appelé

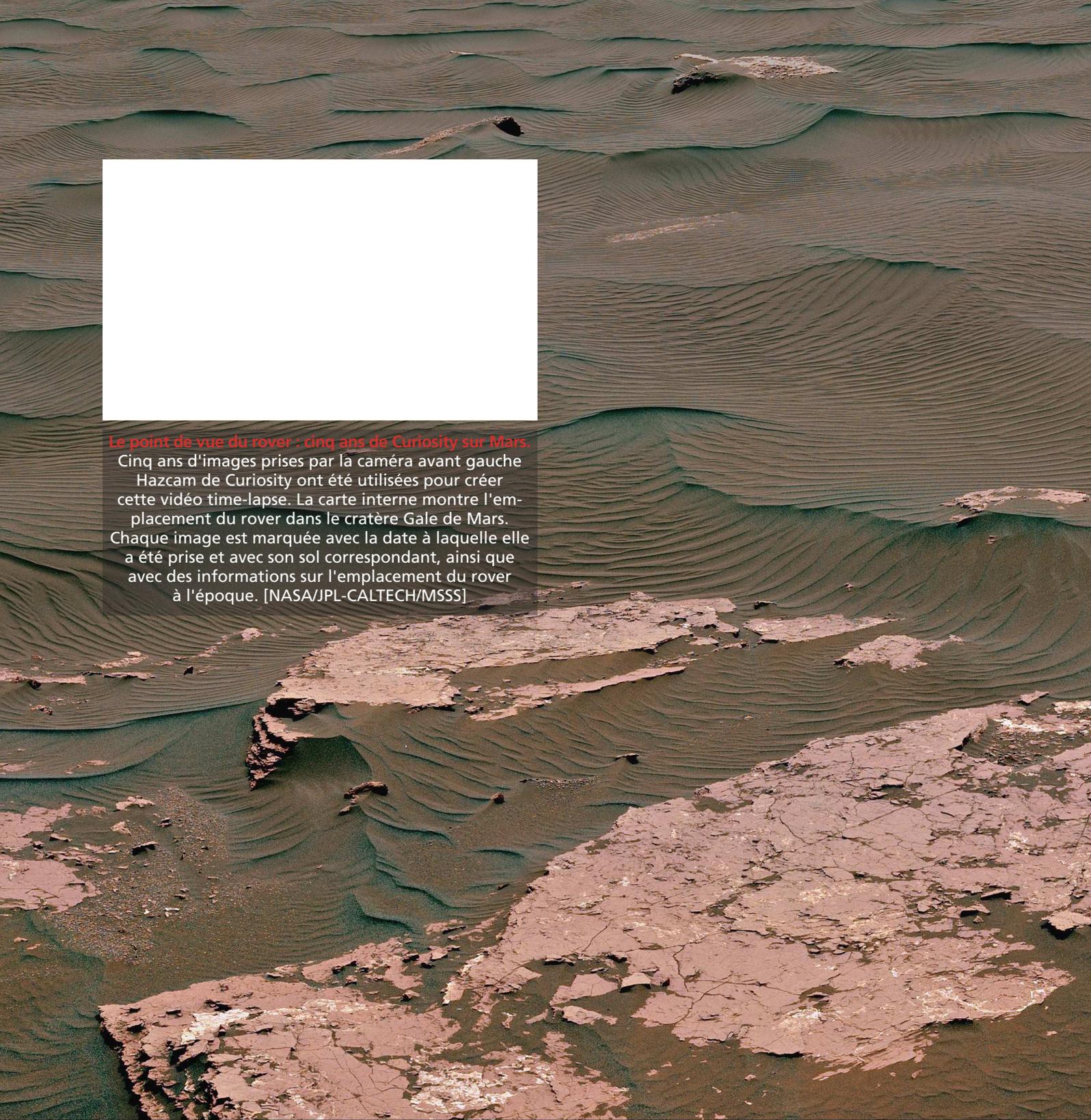
Nathan Bridges Dune, domine ce panorama presque circulaire photographié par la Mastcam de Curiosity. Cette dune a été une étape de recherche de la campagne de la mission du rover pour enquêter sur les dunes martiennes actives. La structure a été informellement nommée en 2017 en mémoire de Nathan Bridges (1966-2017), un scientifique planétaire qui a été le chef de la campagne des dunes de l'équipe Curiosity. La scène combine 112 images prises par l'œil gauche de la Mastcam le 5 février 2017, lors du 1601<sup>e</sup> sol de travail de Curiosity sur Mars. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre. Le centre est vers l'est-sud-est et les deux extrémités sont vers l'ouest-nord-ouest. Le butte sombre à l'horizon dans la moitié gauche est Ireson Hill. A l'horizon, au centre, il y a la partie la plus haute du Mont Sharp. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]

Nathan Bridges Dune, domine ce panorama presque circulaire photographié par la Mastcam de Curiosity. Cette dune a été une étape de recherche de la campagne de la mission du rover pour enquêter sur les dunes martiennes actives. La structure a été informellement nommée en 2017 en mémoire de Nathan Bridges (1966-2017), un scientifique planétaire qui a été le chef de la campagne des dunes de l'équipe Curiosity. La scène combine 112 images prises par l'œil gauche de la Mastcam le 5 février 2017, lors du 1601<sup>e</sup> sol de travail de Curiosity sur Mars. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre. Le centre est vers l'est-sud-est et les deux extrémités sont vers l'ouest-nord-ouest. Le butte sombre à l'horizon dans la moitié gauche est Ireson Hill. A l'horizon, au centre, il y a la partie la plus haute du Mont Sharp. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]



Les cinq premières années de science de Curiosity sur Mars.  
[NASA/JPL-CALTECH/MSSS]





**Le point de vue du rover : cinq ans de Curiosity sur Mars.**

Cinq ans d'images prises par la caméra avant gauche Hazcam de Curiosity ont été utilisées pour créer cette vidéo time-lapse. La carte interne montre l'emplacement du rover dans le cratère Gale de Mars. Chaque image est marquée avec la date à laquelle elle a été prise et avec son sol correspondant, ainsi que avec des informations sur l'emplacement du rover à l'époque. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]

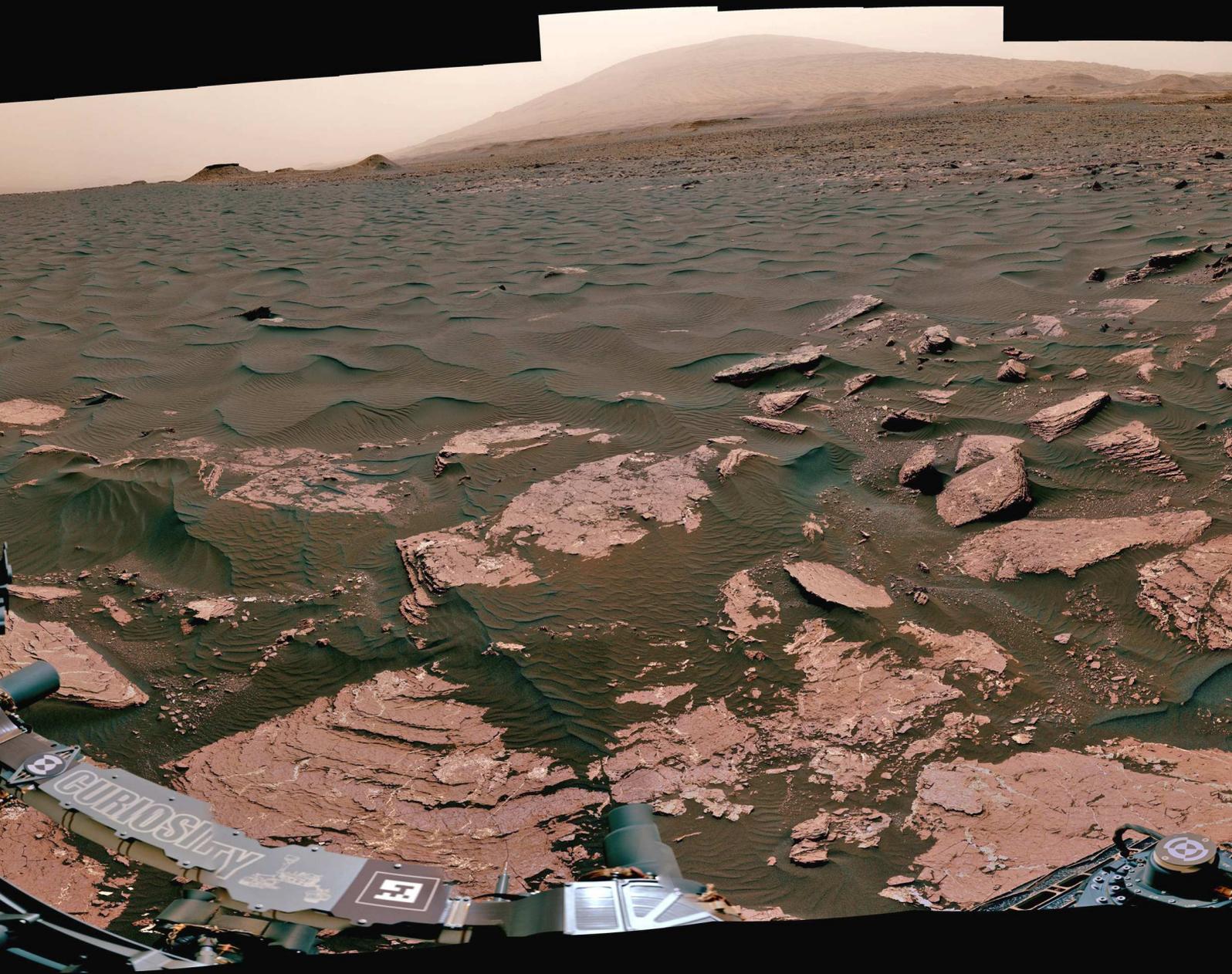
**Des structures où Curiosity a étudié les dunes martiennes.**

Cette vue de la Mastcam de Curiosity montre deux échelles d'ondulations, plus d'autres structures, dans une région où la mission a examiné une dune de forme linéaire dans Bagnold Dune, au pied du Mont Sharp. La scène est un extrait d'un panorama de 360 degrés acquis le 24 et le 25 mars 2017, lors du 1647<sup>e</sup> sol de Curiosity sur Mars, à un endroit appelé Ogunquit Beach. Les crêtes des ondulations plus longues visibles dans le sable sombre de la dune sont séparées par quelques mètres. Cette structure à moyenne échelle dans les dunes actives de Mars a été l'une des découvertes de Curiosity parmi les dunes en forme de croissant que le rover a examiné à la fin de 2015 et au début de 2016. Des ondulations dont l'échelle n'est pas observée sur les dunes de sable



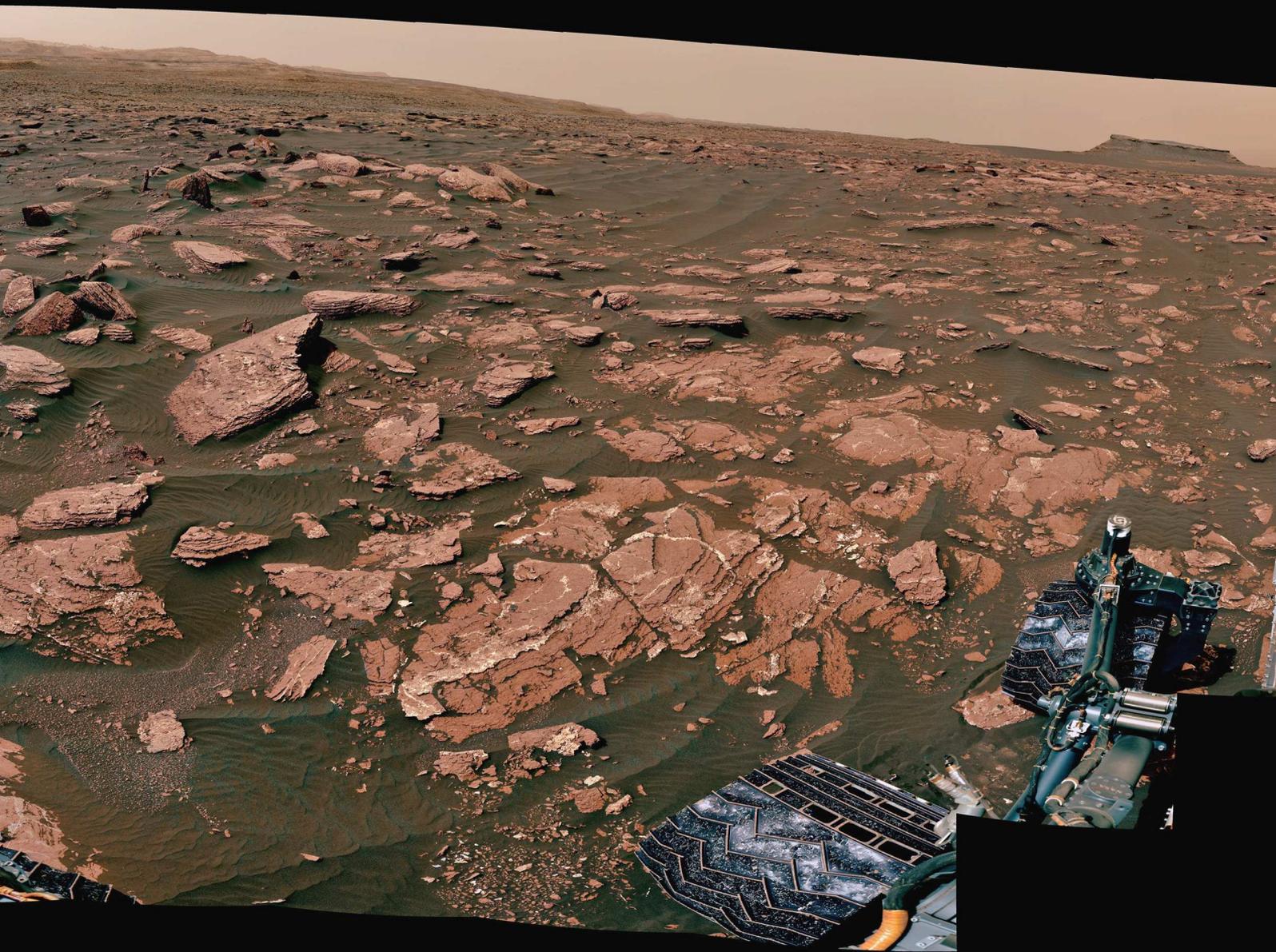
terrestres. Superposé à ces ondulations il y en a de beaucoup plus petites, avec des crêtes environ dix fois plus rapprochées. De plus, des structures du soubassement local sont visibles au premier plan (une partie de la formation Murray, créée par des sédiments lacustres), et du terrain couvert de gravier (à droite) est également visible. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre.

Malin Space Science Systems, à San Diego, a construit et exploite la Mastcam. Le Jet Propulsion Laboratory de la NASA, une division du Caltech à Pasadena, en Californie, gère le Mars Science Laboratory Project pour le Science Mission Directorate de la NASA, à Washington. JPL a conçu et construit le rover Curiosity. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS]



**Panorama avec une dune linéaire active dans le cratère Gale, Mars.**

Cette mosaïque prise par la Mastcam de Curiosity englobe une partie de Bagnold Dunes qui s'étend pendant plusieurs kilomètres. Du début février au début avril 2017, le rover a examiné quatre sites proches des dunes linéaires, pour comparer ce qu'il a trouvé à la fin de 2015 et début 2016, lors de l'enquête sur les dunes en forme de croissant. Cette campagne en deux phases est la première étude approfondie de dunes actives ailleurs que sur la Terre. La surface sombre et ondulée d'une dune linéaire est visible au centre de la vue et se décline dans la distance à gauche. Le soubassement de la formation Murray, créé à partir de sédiments déposés dans des lacs il y a des milliards d'années, est en premier plan, ainsi que certains composants du rover. L'emplacement, appelé Ogunquit Beach, se trouve sur le flanc nord-ouest



du Mont Sharp. Le nord-ouest se trouve aux deux extrémités de ce panorama à presque plein cercle ; le sud-est est au centre, où la partie la plus élevée du Mont Sharp domine l'horizon. Parmi les questions abordées par cette campagne sur les dunes martiennes, nous avons : comment le vent est en mesure de façonner les dunes avec des aspects différents, et de savoir si les vents martiens trient les grains de sable d'une manière qui affecte la distribution des compositions minérales, ce qui aurait également des implications pour les études de la grès martienne. Les 115 images individuelles qui ont été combinées dans cette mosaïque ont été acquises par l'œil gauche de la Mastcam le 24 et le 25 mars 2017, lors du 1647<sup>e</sup> sol de Curiosity sur Mars. La couleur a été équilibrée en balance des blancs pour ressembler à la façon dont la scène apparaîtrait sous des conditions d'éclairage de jour sur Terre. [NASA/JPL-CALTECH/MSSS] ■



# NGC 1512 et NGC 1510, David et Goliath galactiques

*par NASA/ESA*

**L**a danse gravitationnelle entre deux galaxies dans notre quartier local a conduit à des caractéristiques visuelles intrigantes dans les deux témoins de cette nouvelle image du télescope spatial Hubble. La minuscule NGC 1510 et sa voisine colossale NGC 1512 sont au début d'une fusion prolongée, un proces-

sus crucial dans l'évolution galactique. Malgré sa petite taille, NGC 1510 a eu un effet significatif sur la structure de NGC 1512 et sur le taux de formation stellaire.

Les galaxies se produisent dans une variété de formes et de tailles, et les astronomes utilisent ce fait pour les classer en fonction de leur apparence. NGC 1512, la grande galaxie à gauche dans cette image, est classée comme une spirale barrée, ainsi nom-

mée d'après la barre composée d'étoiles, de gaz et de poussière qui se détache dans son centre. La petite NGC 1510 à droite (à la page suivante) est une galaxie naine. Malgré leurs tailles très différentes, chaque galaxie affecte l'autre par la gravité, en provoquant des changements lents dans leurs apparences. La barre de NGC 1512 agit comme un entonnoir cosmique, canalisant les matières premières requises pour la formation

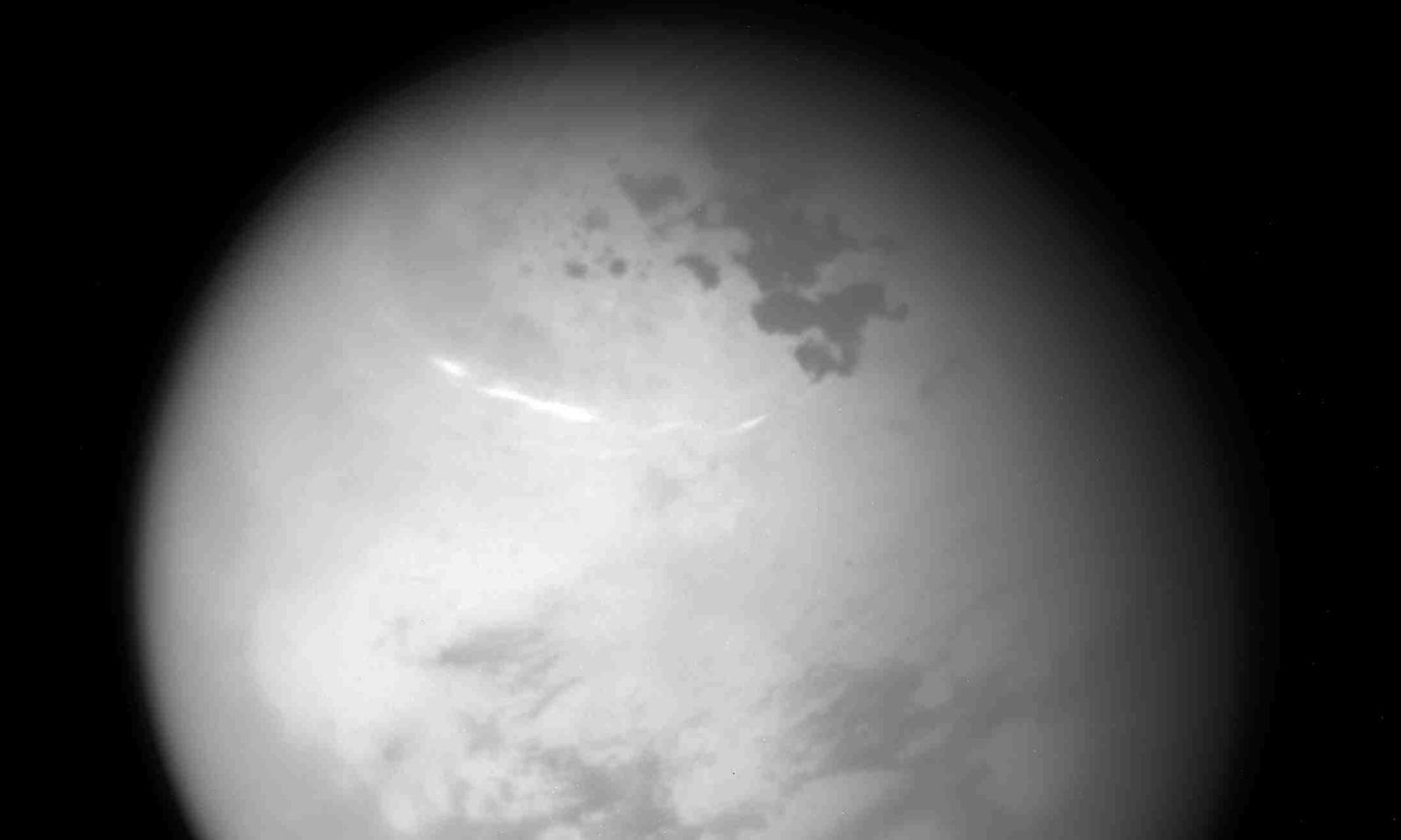


**C**ette image composite, créée à partir de deux vues différentes de Hubble, montre la galaxie spirale barrée NGC 1512 (à gauche, page précédente) et la galaxie naine NGC 1510 (à droite). Les deux galaxies sont à environ 30 millions d'années-lumière de la Terre et actuellement en train de fusionner. À la fin de ce processus, NGC 1512 aura cannibalisé son plus petit compagnon. [ESA/Hubble, NASA]

d'étoiles de l'anneau extérieur au cœur de la galaxie. Le transport de gaz et de poussières dans NGC 1512 nourrit une intense formation stellaire dans le brillant, bleu, flamboyant disque intérieur, connu sous le nom de « circumnuclear starburst ring », qui s'étend sur 2400 années-lumière. La barre ainsi que l'anneau sont soupçonnés d'être au moins en partie le résultat de la « bataille cosmique » entre les deux galaxies, une fusion qui continue pendant 400 millions d'années. NGC 1512, qui a été déjà observée par Hubble dans le passé, abrite également une seconde région de formation stellaire, plus serene, dans son anneau extérieur. Cet anneau est parsemé de dizaines de régions HII, où de larges étendues d'hydrogène gazeux sont soumises à

un rayonnement intense provenant d'étoiles proches, nouvellement formées. Ce rayonnement provoque l'éclat du gaz et crée les nœuds lumineux observés tout au long de l'anneau. Remarquablement, NGC 1512 s'étend encore plus loin que ce que l'on peut voir dans cette image, au-delà de l'anneau extérieur, montrant des bras en spirale mal formés enveloppant NGC 1510. Ces bras énormes sont considérés comme déformés par de fortes interactions gravitationnelles avec NGC 1510 et par accréation de sa matière. Mais ces interactions ne touchent pas seulement NGC 1512 ; ils ont également pris leur part sur la plus petite de la paire. La traction de marée de sa voisine a perturbé le gaz et la poussière de NGC 1510 et a initié une formation stel-

laire qui est encore plus intense que celle de NGC 1512. Cela fait que la galaxie éclate avec la teinte bleue qui est révélatrice de nouvelles étoiles chaudes. NGC 1510 n'est pas la seule galaxie à avoir connu la force de marée gravitationnelle massive de NGC 1512. Les observations faites en 2015 ont montré que les régions extérieures des bras en spirale de NGC 1512 faisaient autrefois partie d'une galaxie séparée et plus ancienne. Cette galaxie a été déchirée et absorbée par NGC 1512, tout comme elle le fait maintenant à NGC 1510. Ensemble, la paire montre comment les interactions entre les galaxies, même si elles sont de tailles très différentes, peuvent avoir une influence significative sur leurs structures, en changeant la dynamique du gaz et de la poussière qui les constituent, et même en déclenchant la formation stellaire. De telles interactions entre les galaxies, et les fusions de galaxies en particulier, jouent un rôle clé dans l'évolution galactique. ■



# ALMA confirme la chimie complexe dans l'atmosphère de Titan

par ALMA Observatory

La plus grande lune de Saturne, Titan, est l'un des objets les plus intrigants de notre système solaire et aussi un corps qui, à certains égards, ressemble à la Terre. Il est presque aussi grand que Mars et a une atmosphère brumeuse composée principalement d'azote avec une brume de molécules organiques à base de carbone, y compris le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et l'éthane ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). Les scientifiques planétaires théorisent

que ce maquillage chimique est similaire à l'atmosphère primordiale de la Terre. Les conditions sur Titan, cependant, ne sont pas propices à la formation de la vie telle que nous la connaissons ; c'est tout simplement trop froid. À dix fois la distance de la Terre au Soleil, Titan est si froid que le méthane liquide tombe sur sa surface glacée solide, formant des rivières, des lacs et des mers. Ces bassins d'hydrocarbures, néanmoins, créent un environnement unique qui peut aider les molécules de cyanure de vinyle ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{CN}$ ) à se

Le vaisseau spatial Cassini de la NASA voit des nuages de méthane brillants dériver dans les cieux d'été de la lune Titan de Saturne, ainsi que des lacs et des mers d'hydrocarbures sombres groupés autour du pôle nord. [NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute]

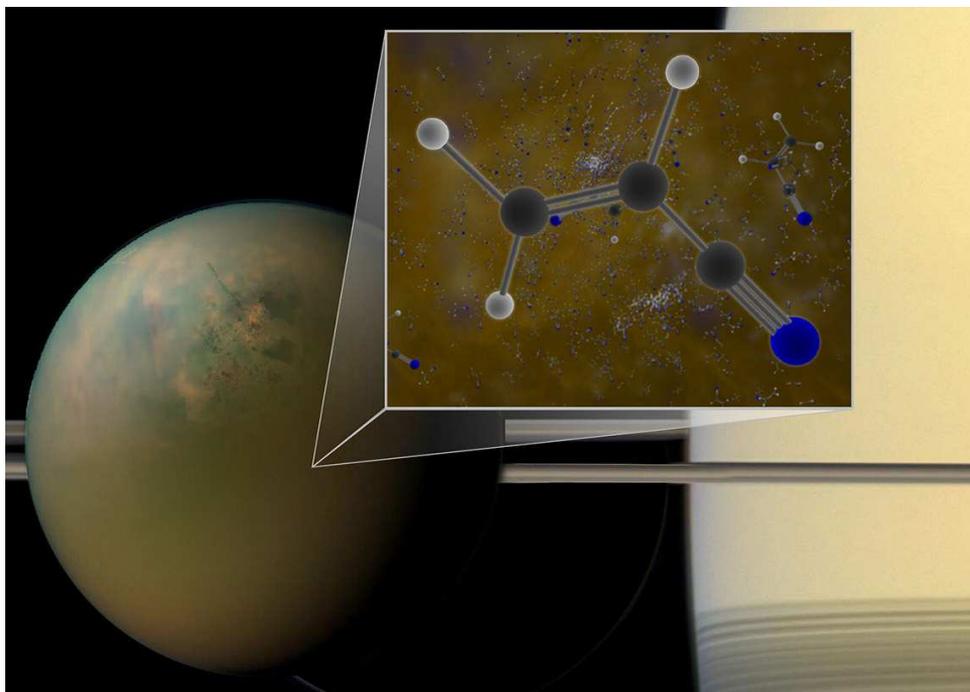
lier pour former des membranes, structures qui ressemblent aux membranes cellulaires lipidiques des organismes vivants sur la Terre. En utilisant des données d'archive de l'Atacama Large Millimeter/submilli-

meter Array (ALMA), qui ont été recueillies au cours d'une série d'observations de février à mai 2014, les astronomes ont trouvé des signes convaincants qui prouvent que des molécules de cyanure de vinyle sont effectivement présentes sur Titan et en quantités significatives.

« La présence de cyanure de vinyle dans un environnement avec du méthane liquide suggère la possibilité intrigante de processus chimiques qui sont analogues à ceux importants pour la vie sur la Terre », a déclaré Maureen Palmer, chercheur au Goddard Space Flight Center de la NASA à Greenbelt, Maryland, et auteur principal d'un article publié dans *Science Advances*.

Des études antérieures faites par le vaisseau spatial Cassini de la NASA, ainsi que des simulations de laboratoire de l'atmosphère de Titan, ont démontré la présence probable de cyanure de vinyle sur Titan, mais il a fallu ALMA pour effectuer une détection définitive. En examinant les données d'archive, Palmer et ses collègues ont trouvé trois signaux distincts (des pointes dans le spectre de longueur d'onde millimétrique) qui correspondent au cyanure de vinyle. Ces signatures révélatrices provenaient d'au moins 200 kilomètres au-dessus de la surface de Titan.

L'atmosphère de Titan est une véritable usine de produits chimiques, qui utilise la lumière du soleil et l'énergie résultant du mouvement rapide des particules qui orbite autour de Saturne pour convertir de simples molécules organiques en composés chimiques plus grands et plus complexes. « Au fur et à me-



**L**es données d'archive de ALMA ont confirmé que les molécules de cyanure de vinyle résident dans l'atmosphère de Titan, la plus grande lune de Saturne. Titan est montré ici avec une image composite, optique pour l'atmosphère et infrarouge pour la surface, prise par la sonde Cassini. Dans un environnement de méthane liquide, le cyanure de vinyle peut former des membranes. [B. Saxton (NRAO/AUI/NSF); NASA]

sure que notre connaissance de la chimie de Titan grandit, il devient de plus en plus évident que des molécules complexes surviennent naturellement dans des environnements semblables à ceux qu'ils y avaient sur la jeune Terre, mais il y a des différences importantes », a déclaré Martin Cordiner, lui aussi avec le Goddard Space Flight Center de la NASA et co-auteur du papier.

Par exemple, Titan est beaucoup plus froid que la Terre à n'importe quelle époque de son histoire. La température sur Titan est en moyenne d'environ 95 kelvins (-178°C), de sorte que l'eau à sa surface reste gelée. Les preuves géologiques suggèrent également qu'à son début la Terre avait une concentration élevée de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>); Titan ne l'a pas.

La surface rocheuse de la Terre était

aussi frénétiquement active, avec un volcanisme étendu et de fréquents impacts d'astéroïdes, ce qui aurait affecté l'évolution de notre atmosphère. En comparaison, la croûte glacée de Titan apparaît assez docile. « Nous continuons à utiliser ALMA pour faire d'autres observations à propos de l'atmosphère de Titan », a conclu Conor Nixon, lui aussi avec le Goddard Space Flight Center de la NASA et co-auteur du papier. « Nous recherchons des produits chimiques organiques nouveaux et plus complexes, et nous sommes en train d'étudier également les modèles de circulation atmosphérique de la lune. À l'avenir, les études à haute résolution éclaireront ce monde intrigant et, nous l'espérons, nous donneront de nouvelles idées sur le potentiel de Titan pour la chimie prébiotique ». ■

# L'Adaptive Optics Facility a vu sa première lumière

par ESO / Thierry Botti

L'installation d'optique adaptative (Adaptive Optics Facility, AOF) est un projet à long terme destiné à doter d'un système d'optique adaptative les instruments du quatrième télescope (UT4) du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, le premier d'entre eux à en bénéficier est MUSE, l'explorateur spectroscopique à unités multiples. L'optique adaptative vise à compenser le brouillage des images généré par l'atmosphère de la Terre, et donc à permettre à MUSE d'acquérir des images bien plus nettes et contrastées qu'auparavant.

Les quatre lasers de 22 watts excitent les atomes de sodium présents dans l'atmosphère, générant par là-même des étoiles artificielles. [Roland Bacon]

A présent, MUSE peut étudier les objets les plus faibles de l'Univers. « *Désormais, même lorsque les conditions météorologiques ne sont pas parfaites, les astronomes peuvent acquérir des images de qualité exceptionnelle grâce à l'AOF* », explique Harald Kuntschner, scientifique du projet AOF à l'ESO. Après avoir effectué quantité de tests sur le nouveau système, l'équipe d'astronomes et

d'ingénieurs s'est vue récompensée par l'obtention d'une série d'images spectaculaires. Les astronomes ont pu observer les nébuleuses planétaires IC 4406 dans la constellation du Loup et NGC 6369 dans la constellation d'Ophiuchus. Grâce à l'AOF, les images acquises par MUSE se sont révélées bien plus nettes que celles obtenues par le passé. Des structures en forme de coquille sont ainsi appa-

rués sur les clichés de IC 4406. L'AOF, qui a permis ces observations, est composé de nombreux éléments travaillant de concert. Parmi ceux-ci figurent l'ensemble de quatre étoiles guides laser (4LGSF) et le miroir secondaire déformable très mince de l'UT4. L'ensemble 4LGSF émet quatre faisceaux laser de 22 watts destinés à exciter les atomes de sodium présents dans la haute atmosphère, et donc à générer des étoiles artificielles dans le ciel. Les capteurs du module d'optique adaptative GALACSI (Correcteur Adaptatif de Basse Couche Atmosphérique pour l'Imagerie Spectroscopique) utilisent ces étoiles guides artificielles pour déterminer les conditions atmosphériques au moment de l'observation.

Chaque millième de seconde, le système AOF calcule la distorsion à appliquer au miroir secondaire déformable du télescope pour compenser les perturbations atmosphériques locales. GALACSI corrige notamment des effets de la turbulence régnant au sein de la couche atmosphérique de mille mètres d'épaisseur surplombant le télescope. Selon les conditions, la turbulence atmosphérique peut varier avec l'altitude. Toutefois, les études ont montré que la majorité des perturbations atmosphériques se produisent dans cette basse couche de l'atmosphère. « *Adopter le système AOF revient à élever le VLT de quelque 900 mètres, et donc à le maintenir au-dessus de la couche atmosphérique la plus turbulente* » précise Robin Arsenault, chef du projet AOF. « *Par le passé, acquérir des images d'une plus grande netteté supposait de trouver un site plus approprié ou d'utiliser un télescope spatial. Aujourd'hui, grâce à l'AOF, nous sommes en mesure de créer de meilleures conditions d'observation à l'emplacement même où nous nous trouvons, et ce, à un coût nettement plus abordable* »!

Les corrections apportées par l'AOF rapidement et de manière continue améliorent la qualité de l'image en concentrant la lumière pour former des images plus fines permettant ainsi à MUSE d'acquérir des détails mieux résolus et de détecter des étoiles plus faibles qu'auparavant. La correction qu'apporte GALACSI s'applique actuellement à un champ de vision étendu. Elle ne constitue qu'une première étape. Une évolution de GALACSI est prévue pour 2018.

Ce second mode, doté d'un champ de vision étroit, permettra de corriger des effets de la turbulence à toute altitude, et donc d'observer de plus petites régions du ciel avec une résolution encore accrue. « *Voici seize ans, lorsque nous avons proposé de construire l'instrument révolutionnaire MUSE, nous avions l'intention de le coupler à un autre système très avancé, l'AOF* », explique Roland Bacon, responsable du projet MUSE.

« *Le potentiel de découverte de MUSE, déjà important, se trouve désormais augmenté. Notre rêve devient réalité.* » L'un des principaux objectifs scientifiques du système est d'observer des objets peu lumineux de l'Uni-



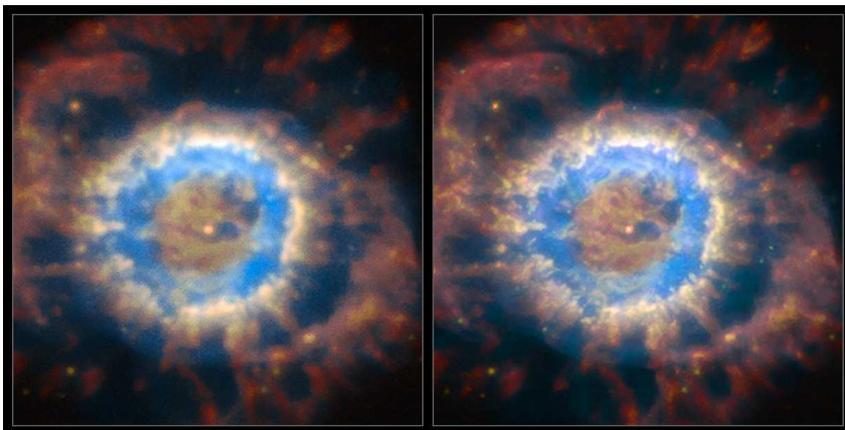
**L**e système de quatre étoiles guides laser effectue un pointage vers le ciel lors des premières observations menées au moyen de l'instrument MUSE équipé de l'AOF. L'optique adaptative assiste les télescopes opérant depuis le sol en compensant le brouillage des images généré par l'atmosphère de la Terre sur la lumière stellaire. [Roland Bacon]

vers lointain avec la meilleure qualité d'image possible, ce qui nécessitera de nombreuses heures d'exposition. Joël Vernet, responsable scientifique des projets MUSE et GALACSI à l'ESO, précise : « *Nous souhaitons tout par-*

*ticulièrement observer les galaxies les plus petites et les moins brillantes situées aux distances les plus lointaines. Ces galaxies en cours de formation, encore au stade de l'adolescence, offrent les clés de compréhension de la formation des galaxies.* »

MUSE n'est pas le seul instrument à bénéficier de l'AOF. Dans un futur proche, un autre système d'optique adaptative baptisé GRAAL sera connecté à l'instrument HAWK-I opérant dans l'infrarouge, dans le but d'affiner sa vision de l'Univers.

S'ensuivra la mise en service d'ERIS, un nouvel instrument doté d'une grande puissance. « *L'ESO pilote le développement de ces systèmes d'optique adaptative, tel l'AOF qui ouvre la voie à l'Extremely Large Telescope* » ajoute Robin Arsenault. « *Travailler sur l'AOF a permis aux scientifiques, ingénieurs et industriels que nous sommes d'acquérir une expérience et une expertise inestimables, qui nous seront fort utiles pour relever les défis de la construction de l'ELT* ». ■



**C**i-dessus figurent deux images de la nébuleuse planétaire NGC 6369 : l'une acquise classiquement (à gauche), la seconde utilisant l'AOF (à droite), qui corrige des effets de la turbulence dans la basse atmosphère. L'AOF offre une vue plus nette des objets célestes et donne accès à des structures plus fines et moins brillantes. [ESO/P. Weilbacher (AIP)]



di informazione scientifica e tecnica • maggio-giugno 2015

Ganimede  
ocean  
grand

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* March-April 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* November-December 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* July-August 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2015 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2016 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

**Nane rosse e v...**  
**rovescio della**

**SpaceShipTwo, u...**  
**colpo all'astrona...**  
**privata**

LA RIVISTA MULTIMEDIALE GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI  
**ASTROFILO**  
bimestrale di informazione scientifica e tecnica • settembre-ottobre 2015 • € 0,00

LA RIVISTA MULTIMEDIALE GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI  
**ASTROFILO**  
bimestrale di informazione scientifica e tecnica • settembre-ottobre 2016 • € 0,00

LA RIVISTA GRATUITA DE ASTRONOMIA QUE TE MANTIENE ACTUALIZADO SOBRE TODO LO QUE SUCEDE EN EL ESPACIO  
**UNIVERSO**  
Revista bimestral de información científica y técnica \* Número de enero-febrero 2017

LA RIVISTA GRATUITA DE ASTRONOMIA QUE TE MANTIENE ACTUALIZADO SOBRE TODO LO QUE SUCEDE EN EL ESPACIO  
**UNIVERSO**  
Revista bimestral de información científica y técnica \* Número de enero-febrero 2017

LA RIVISTA GRATUITA DE ASTRONOMIA QUE TE MANTIENE ACTUALIZADO SOBRE TODO LO QUE SUCEDE EN EL ESPACIO  
**UNIVERSO**  
Revista bimestral de información científica y técnica \* Número de enero-febrero 2017

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* March-April 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* November-December 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* July-August 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2015 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2016 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* March-April 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* November-December 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* July-August 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2015 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2016 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

revista bimestral de informação científica e técnica  
**NOTÍCIA do ESPAÇO**

LE MAGAZINE MULTIMÉDIA GRATUIT QUI VOUS TIENT AU COURANT DE L'ACTUALITÉ SPATIALE  
**MACROCOSMOS**  
bimestriel d'information scientifique et technique \* mars-avril 2016

LES ONDES GRAVITATIONNELLES ENFIN RÉVÉLÉES  
**Planète Neuf**  
probabl

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* July-August 2015

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2015 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* September-October 2016 • € 0,00

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

Surprendente  
**PLUTONIO**

Even today  
there is life

A REVISTA MULTIMÉDIA LIVRE QUE MANTÉM-TE A PAR DO QUE ESTÁ A ACONTECER NO ESPAÇO  
**NOTÍCIA do ESPAÇO**  
revista bimestral de informação científica e técnica  
Maio-Junho 2016

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* July-August 2015

LA RIVISTA MULTIMEDIALE GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI  
**ASTROFILO**  
bimestrale di informazione scientifica e tecnica • settembre-ottobre 2016 • € 0,00

LA RIVISTA GRATUITA DE ASTRONOMIA QUE TE MANTIENE ACTUALIZADO SOBRE TODO LO QUE SUCEDE EN EL ESPACIO  
**UNIVERSO**  
Revista bimestral de información científica y técnica \* Número de enero-febrero 2017

**IFE**

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* November-December 2015

Mundos cada vez  
mais visíveis

Una Terra attorno  
a Proxima Centauri

K2: validi  
nuovi es

234 señales extrañas  
desde la Galaxia

THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN THE UNIVERSE  
**ASTRONOMY**  
Bi-monthly magazine of scientific and technical information \* January-February 2017

# NortheK

Instruments - Composites - Optics



## RITCHEY-CHRÉTIEN 250 MM

F/8.5 OPTIQUE EN SUPRAX PAR SCHOTT

STRUCTURE DE CARBONE

CELLULE NORTHEK STABILOBLOK 25

MISE AU POINT FEATHER TOUCH FTF 2000 2"

POIDS 15 KG.

