

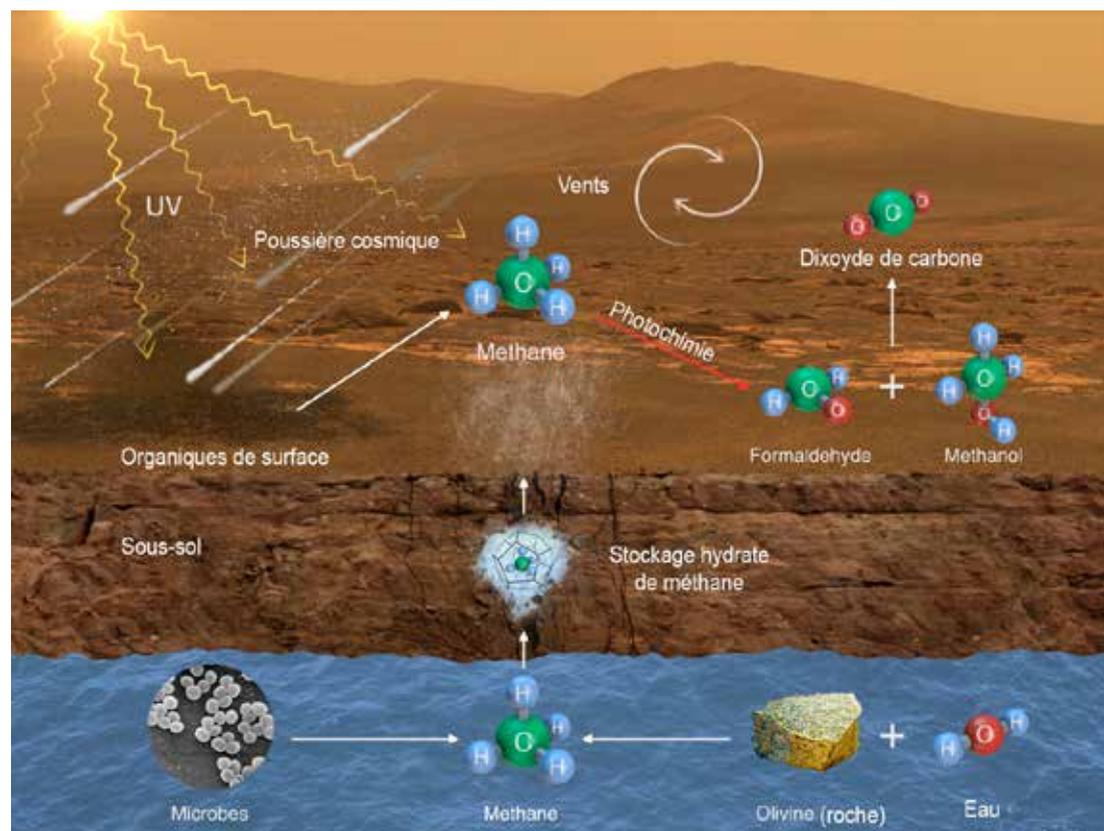
L'Astronomie dans le monde

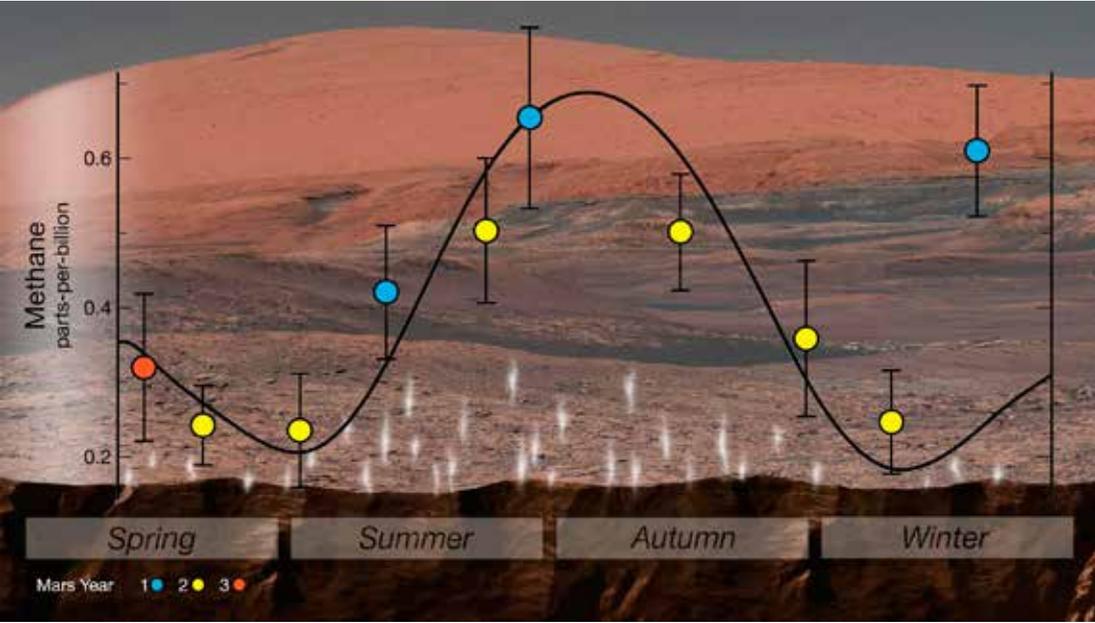
Méthane martien

Les dernières mesures du méthane martien par Curiosity ont montré un retour à la normale (moins d'une part par milliard en volume) après un bref pic au cours duquel la concentration avait atteint son maximum absolu (21 par milliard). Cela suggère que le méthane est dégagé de façon sporadique par des sources encore énigmatiques. Tout au plus peut-on deviner une variation liée aux saisons.

Sources et puits possibles de méthane sur Mars. Les fluctuations de concentration du méthane dans l'atmosphère martienne montrent qu'il existe des sources et des puits. Le méthane peut provenir de microbes, ou de réactions entre l'eau et les roches (olivine, pyroxène). Il peut être créé par l'action des UV sur des composés organiques provenant des comètes. Il peut aussi émaner sporadiquement d'anciens réservoirs de clathrates.

Le vent peut rapidement dissiper le méthane issu de sources localisées. Il est détruit par les rayons solaires et contribue à enrichir l'atmosphère en dioxyde de carbone, son ingrédient principal. (NASA/JPL-Caltech)





Une activité microbienne peut dégager du méthane, c'en est d'ailleurs la source majeure sur Terre, mais d'autres phénomènes, purement physico-chimiques, impliquant des réactions de l'eau avec les roches, produisent également du méthane.

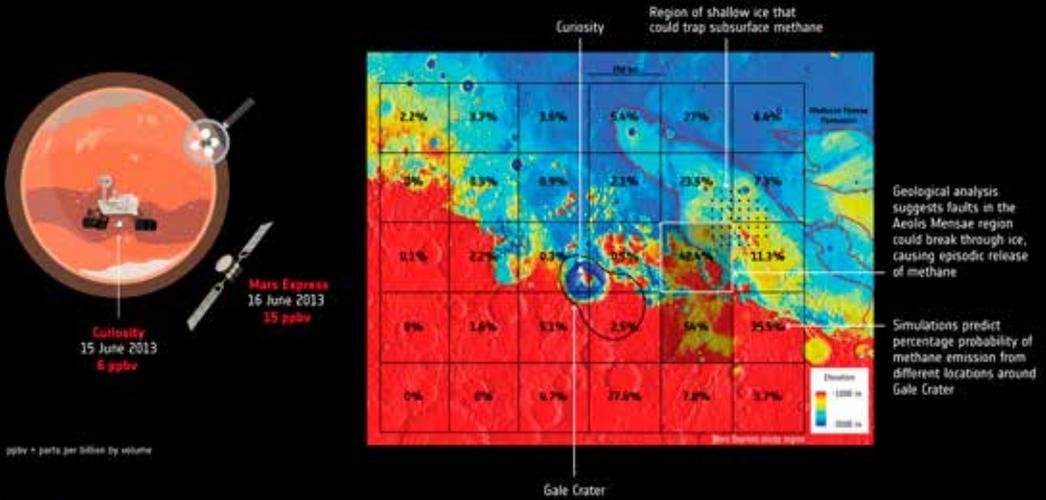
Les instruments de Curiosity sont incapables de discerner laquelle des explications est la bonne. Ils ne peuvent même pas situer la zone d'émanation. Est-ce dans le cratère Gale qu'explore Curiosity, ou ailleurs sur la planète ?

Tout cela est d'autant plus mystérieux que le satellite européen Trace Gas Orbiter, en orbite autour de Mars depuis plus d'un an, n'a toujours pas détecté la moindre trace de méthane dans l'atmosphère. En juin 2013, cependant, un autre satellite européen, Mars Express, avait confirmé la présence de méthane au-dessus du cratère Gale un jour après la détection d'un pic de concentration par Curiosity.

Les toutes premières détections du méthane martien avaient été effectuées dès 2003-2004 par Mars Express ainsi que par des observatoires terrestres.

La concentration en méthane mesurée par Curiosity dans le cratère Gale montre une variation saisonnière avec un pic à la fin de l'été martien. Le graphe couvre trois années de la Planète rouge, soit six années terrestres. Les mesures proviennent de l'instrument SAM (Sample Analysis at Mars). (NASA/JPL-Caltech)

→ FIRST INDEPENDENT CONFIRMATION OF A METHANE SPIKE ON MARS



ppbv = parts per billion by volume

MarsExpress

www.esa.int

Les données récoltées par Mars Express durant les 20 premiers mois de la mission de Curiosity avaient montré la présence de méthane dans l'atmosphère de Mars en une seule occasion. Dix autres observations s'étaient soldées par un échec. La mesure positive avait été confirmée par Curiosity un jour plus tard. Les dix non-détections correspondaient à des époques où Curiosity donnait des concentrations faibles alors que la détection correspondait à un pic pour Curiosity.

La combinaison des observations des deux sondes donne certaines contraintes sur la région d'émission du méthane. Des simulations tenant compte des vents ont permis d'établir la carte ci-dessus donnant la probabilité d'émission du gaz dans et autour du cratère Gale exploré par Curiosity. On pense que la région marquée de points noirs renferme de la glace qui peut bloquer le méthane souterrain. Des failles tectoniques dans le carré situé entre cette zone et le cratère Gale peuvent sans doute se prolonger sous la glace, la fracturer et provoquer des émissions sporadiques de méthane.

(ESA/Giuranna et al, 2019)

De l'eau liquide sur Mars il y a moins de 227 millions d'années

Basé sur un communiqué CNRS/INSU

La présence d'eau liquide sur Mars est avérée par de nombreuses observations telles que la présence de minéraux hydratés et d'anciens systèmes de vallées et de chenaux, malgré des conditions de pression et température de surface largement défavorables. Cependant, l'activité hydrologique de Mars est supposée être restreinte au premier milliard et demi d'années d'évolution de cette planète, donc jusqu'à il y a environ 3 milliards d'années. Mars aurait ensuite connu un épisode de changement climatique global, menant aux conditions froides et sèches qu'on lui connaît actuellement. Afin de mieux comprendre l'évolution de la surface martienne et de son habitabilité – qui est l'une des principales questions des programmes d'exploration spatiale actuels – il est essentiel de documenter l'histoire de l'eau sur Mars.

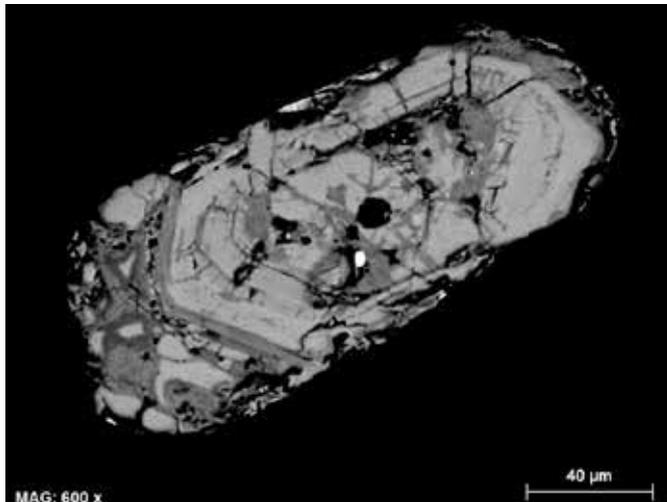
De récents travaux ont mis en évidence le fait que des cristaux de zircon ($ZrSiO_4$) dans des météorites martiennes avaient été altérés par l'eau et que cette altération datait de 1,5 à 1,7 milliard d'années. Le zircon est un minéral extrêmement robuste face à la plupart des processus géologiques. Sa formation peut être précisément datée grâce au système isotopique U-Pb et repré-

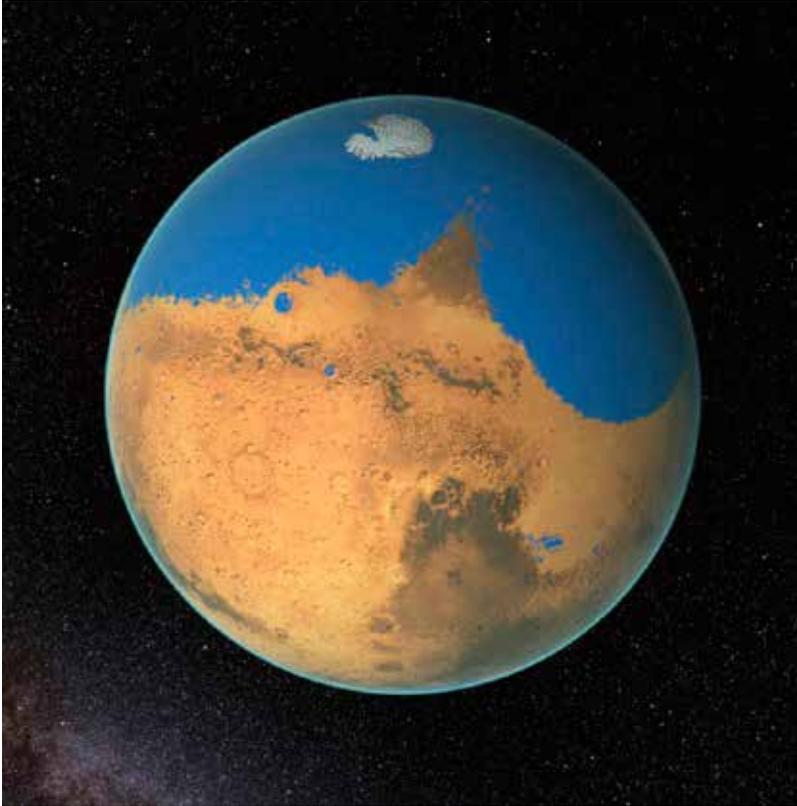
sente donc une archive temporelle très fiable. Cependant les isotopes radioactifs (U et Th) qu'il contient sont aussi son talon d'Achille puisqu'ils endommagent son réseau cristallin.

Ce dernier peut dans certains cas se régénérer, mais il peut aussi se détériorer au point de rendre le zircon poreux aux fluides ce que l'on peut déduire en examinant sa texture interne à l'aide du microscope électronique à balayage (voir figure ci-dessous). C'est précisément ce qui est arrivé à certains cristaux de zircon hadéens de Jack Hills (Australie). Dans ces cristaux, le rapport Th/U mesuré est bien supérieur à celui intégré dans le temps, c'est-à-dire déduit des isotopes du Pb (^{206}Pb et ^{208}Pb) qui sont les produits de désintégration de l'U et du Th. Le découplage visible dans certains zircons de Jack Hills (Th/U mesuré > Th/U intégré) ne peut pas être provoqué par des processus connus autres que de l'altération aqueuse de basse température. Ces différences peuvent être utilisées comme traceurs d'altération aqueuse hors de la Terre.

Les données publiées sur des zircons lunaires n'indiquent aucune trace d'altération aqueuse de basse température. Cependant, les résultats pour des zircons martiens issus de météorites Black Beauty (NWA 7533 et 7034)

Image MEB par électrons rétrodiffusés d'un zircon terrestre ayant subi de l'altération semblable à celle ayant affecté les zircons martiens de Black Beauty. Les zones altérées se présentent sous forme de veines ou de taches gris sombre alors que les zones non-altérées sont de teinte gris clair. Une zonation concentrique primaire (magmatique) se devine dans certaines zones claires, et est marquée par des bandes de croissance qui présentent des fractures disposées de façon radiale.





Vue d'artiste d'un océan martien recouvrant les plaines du nord. (NASA/GSFC)

lement considérée comme froide et sèche pour Mars.

Ces résultats sont très importants car ils démontrent que, dans un passé récent, Mars avait encore de l'eau liquide disponible à sa surface ou près de la surface

montrent qu'une partie des données disponibles présente le même découplage des rapports Th/U mesurés et intégrés que les zircons terrestres de Jack Hills.

Ce résultat suggère donc qu'une altération par des fluides aqueux de basse température s'est produite sur Mars. La modélisation de l'évolution des systèmes U-Th-Pb dans le zircon a permis aux chercheurs de montrer qu'un épisode d'altération avait effectivement eu lieu entre 1,7 et 1,5 milliard d'années mais que les forts découplages entre rapports Th/U mesurés et intégrés dans le temps étaient liés à un épisode d'altération beaucoup plus récent, estimé (grâce au modèle) entre 227 et 56 millions d'années. Cet épisode intervient donc à l'Amazonien tardif qui est une période généra-

et ceci pendant suffisamment longtemps et en quantité suffisante pour altérer des minéraux tels que les zircons. L'origine de cette eau reste encore floue mais elle aurait pu être libérée par la fonte locale de la cryosphère martienne sous l'effet d'un impact météoritique ou d'une activité magmatique récente.

La découverte d'eau liquide dans un passé proche de Mars implique que cette planète a pu avoir une hydrosphère durant quasiment toute son histoire, même localement, et que c'est peut-être encore le cas de nos jours. L'eau liquide étant liée à la vie terrestre, ces résultats permettent de supposer que Mars a peut-être possédé le premier ingrédient nécessaire à l'émergence de la vie durant toute son histoire.

TOI-270

Basé sur un communiqué de l'université de Liège

Le plus récent chasseur d'exoplanètes de la NASA, le télescope spatial TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) a découvert trois nouveaux mondes orbitant autour d'une étoile voisine située à 73 années-lumière de nous. Fruit d'une collaboration entre la NASA et le MIT, la mission TESS est consacrée à la recherche d'exoplanètes en transit autour d'étoiles proches. Lancé en avril dernier, le télescope a déjà recensé quelques cibles intéressantes, dont TOI-270, une étoile naine située dans la constellation australe du Peintre. En y regardant de plus près et en faisant appel à un consortium de télescopes terrestres – dont le télescope TRAPPIST-Sud de l'université de Liège – les chercheurs ont pu confirmer la présence des trois planètes en transit autour de l'étoile.

L'étoile TOI-270 est très proche de nous, et est donc beaucoup plus brillante que les étoiles hôtes de systèmes comparables. Grâce à des observations de suivi approfondies,

on sera bientôt en mesure de déterminer la composition de ces mondes, d'établir si des atmosphères sont présentes, quels gaz elles contiennent, et plus encore.

TOI-270 est une naine rouge environ 40% plus petite que le Soleil en taille et en masse, et sa température de surface est environ un tiers plus froide que celle de notre étoile.

TOI-270b, la planète la plus proche de l'étoile, se situe à une distance environ 14 fois inférieure à celle de Mercure par rapport au Soleil. Elle tourne autour de l'étoile en 3-4 jours et a une taille environ 30% supérieure à celle de la Terre. Si cette première planète est sans doute rocheuse, les deux autres, TOI-270c et d, qui sont plus de deux fois plus grandes que notre planète, sont probablement dotées

Principales caractéristiques du système TOI 270, situé à environ 73 années-lumière de la Terre. (Centre de vol spatial Goddard de la NASA/Scott Wiessinger)





Vue d'artiste du système TOI-270 (© Sci-News.com)

plus tempéré du système, et, en tant que tel, une rareté parmi les planètes en transit connues.

Des recherches ultérieures permettront peut-être de découvrir d'autres planètes que les trois planètes actuellement connues.

TOI-270 devrait notamment constituer une cible de choix pour le James Webb Space Telescope (JWST) de la NASA qui devrait être lancé en 2021.

L'université de Liège, partie prenante du télescope spatial CHEOPS (CHARacterising ExOPlanets Satellite) de l'Agence spatiale européenne (ESA), qui sera lancé en fin d'année et sera dédié à l'observation de systèmes planétaires proches tels que TOI-270, pourra compter sur son accès au télescope pour étudier plus avant ce nouveau système exoplanétaire. Ces futures observations pourraient en effet permettre de découvrir d'autres planètes rocheuses à des distances légèrement plus grandes de l'étoile, où des températures plus fraîches pourraient permettre à l'eau d'exister sous forme liquide à leur surface, les rendant peut-être aptes à abriter des formes de vie.

d'une épaisse atmosphère d'hydrogène et d'hélium et s'apparenteraient plus à des versions miniatures des planètes gazeuses Neptune et Uranus qu'à des super-Terres rocheuses. Elles complètent une orbite autour de l'étoile tous les 5,7 et 11,4 jours, respectivement.

Un aspect intéressant de ce système est que ses planètes se trouvent de part et d'autre de ce qu'on pourrait qualifier de désert planétaire. En effet, il est à présent bien établi que les exoplanètes ayant une taille entre 1,5 et 2 fois supérieure à celle de la Terre sont assez rares dans la galaxie. TOI-270 est un excellent laboratoire pour étudier en détail des objets situés de part et d'autre de ce désert, et cela devrait aider les astronomes à mieux comprendre son origine et comment les systèmes planétaires se forment et évoluent.

Les astronomes s'intéressent particulièrement à la planète la plus éloignée, TOI-270 d, qui reçoit de son étoile une quantité d'énergie trois fois plus grande que celle que la Terre reçoit du Soleil, ce qui en fait le monde le

Le système TOI 270 est si compact que les orbites de Jupiter et de ses lunes dans notre propre Système solaire offrent la comparaison raisonnable la plus proche, comme illustré ici. (Centre de vol spatial Goddard de la NASA/ Scott Wiessinger)

The TOI 270 system vs. Jupiter and its moons



*Artémis*¹

Le 20 juin 2019, les chercheurs du SPECULOOS Science team inauguraient le télescope Artémis, le dernier arrivé dans la constellation SPECULOOS mais le premier installé à l'observatoire SPECULOOS Nord, situé à Tenerife au sein de l'observatoire du Teide. Fruit d'une collaboration entre le département EAPS du MIT, de l'ULiège et de l'Institut d'Astrophysique des Canaries (IAC), Artémis va permettre aux chercheurs d'étendre leur champ de recherche d'exoplanètes potentiellement habitables à l'hémisphère nord.

Initié et dirigé par Michaël Gillon, maître de recherches FRS-FNRS au sein de l'Unité de Recherche en Astrobiologie de l'Université de Liège, le projet SPECULOOS vise à utiliser deux observatoires composés de plusieurs télescopes robotiques afin de découvrir de nouvelles exoplanètes potentiellement habitables se prêtant bien à des études détaillées de leurs compositions atmosphériques.

Le premier de ces deux observatoires, SPECULOOS-South, est situé dans l'hémisphère sud, au sein de l'ESO (European Southern Observatory) dans le désert de l'Atacama au Chili. Il compte quatre télescopes entièrement robotisés en fonctionnement

¹ Adapté de <https://www.speculoos.uliege.be>



depuis janvier 2019. En juin, le second observatoire, SPECULOOS-North, inaugurerait son premier télescope sur l'île de Tenerife. Baptisé Artémis en référence à la déesse grecque de la chasse, ce télescope va permettre d'étendre la traque de planètes habitables à l'hémisphère nord, doublant de cette façon les chances de découvertes. « Grâce à SPECULOOS-Nord, nous allons doubler notre potentiel de détection d'exoplanètes habitables, et ainsi maximiser nos chances de trouver des traces chimiques de vie au-delà du Système solaire », explique Michaël Gillon.

Majoritaire dans le financement des quatre premiers télescopes situés au Chili,

l'université de Liège est aujourd'hui partenaire du Massachusetts Institute of Technology (MIT), le principal financeur de ce premier télescope. Et c'est Julien de Wit, professeur au Département Earth, Atmospheric and Planetary Sciences du MIT, membre du SPECULOOS Science Team et diplômé de l'ULiège, qui coordonnera la collaboration avec l'ULiège et l'Institut d'Astrophysique des Canaries (IAC). « Cette belle collaboration avec le MIT donne une nouvelle ampleur à SPECULOOS, en lui permettant non seulement de s'étendre au ciel de l'hémisphère nord mais aussi de bénéficier de l'immense expertise en exoplanétologie des scientifiques du département EAPS du MIT », conclut Michaël Gillon.

Avant la conception des télescopes SPECULOOS, les chercheurs avaient déjà établi la démonstration de faisabilité de cette technique avec un projet utilisant un petit télescope terrestre situé à La Silla, au Chili, appelé TRAPPIST (TRANSiting Planets and Planetsimals Small Telescope). Avec le télescope TRAPPIST, les chercheurs ont examiné un échantillon limité de 50 étoiles cibles et découvert le système TRAPPIST-1, qui consiste en sept planètes terrestres en orbite autour de leur étoile ultra-naine froide. Le groupe SPECULOOS s'appuie sur ce projet antérieur avec son nouveau réseau de télescopes pour balayer davantage le ciel à la recherche d'exoplanètes similaires de la taille de la Terre et livrer davantage de cibles dont l'habitabilité et les signes potentiels de vie pourront être évalués à l'avenir.

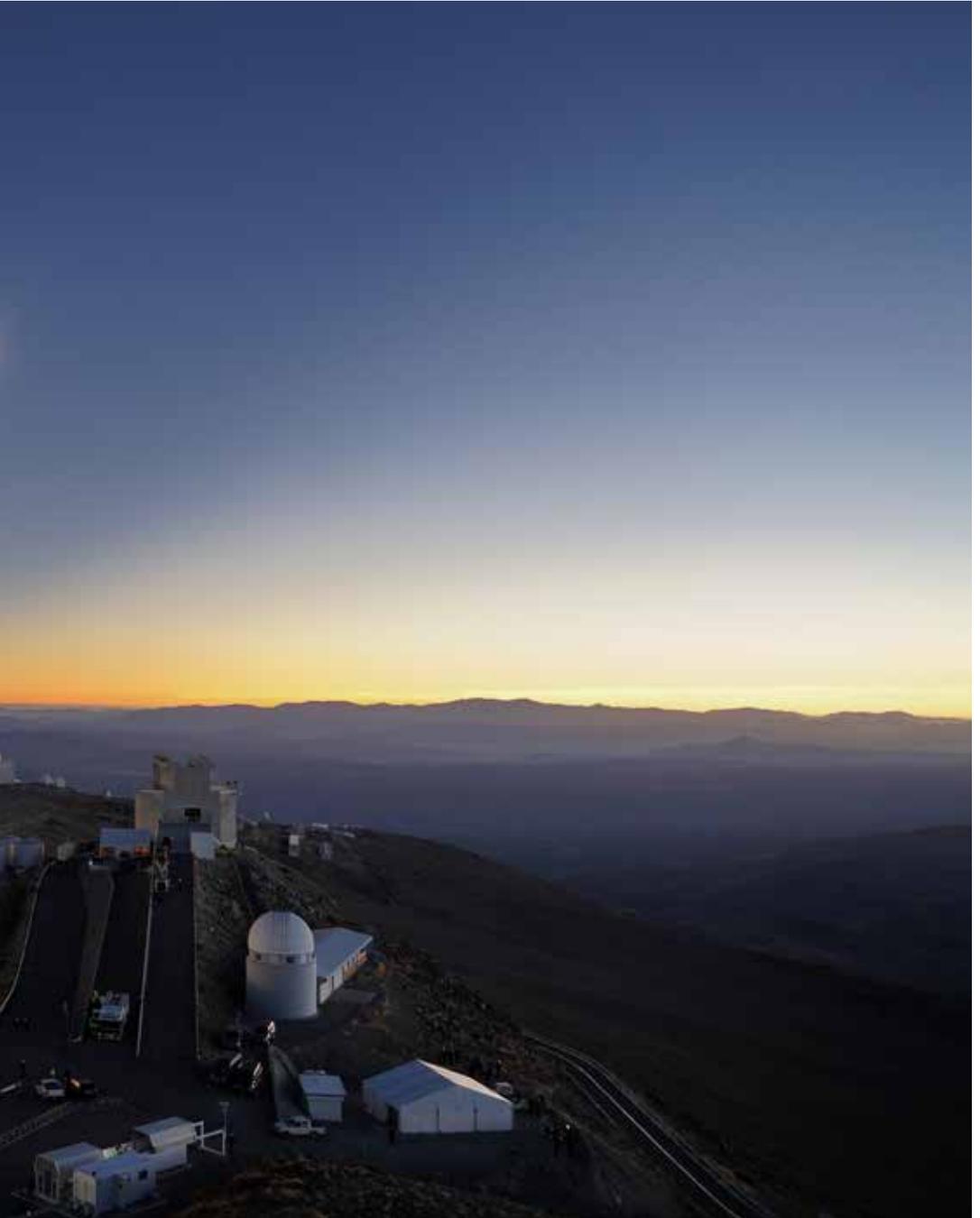
*Artémis, entre la Voie lactée et le cône sombre du volcan Teide.
(D.Padròn)*



La Silla, l'éclipse du cinquantenaire

*L'éclipse de Soleil du 2 juillet vue à
l'observatoire de l'ESO de La Silla.
(ESO/R. Lucchesi)*





Basé sur un communiqué ESO

Le 2 juillet, à 16h40, temps local (CLT), la Lune a recouvert la surface du Soleil au cours d'une éclipse solaire totale, visible sur une bande de 150 km au nord du Chili, comprenant l'observatoire de La Silla de l'ESO, qui célèbre cette année un demi-siècle de recherche astronomique.

L'ESO, en collaboration avec le gouvernement du Chili, avait organisé une campagne de sensibilisation qui a donné à plusieurs personnes l'opportunité d'assister à ce phénomène rare (se déroulant en moyenne tous les 360 ans à un endroit donné) depuis l'observatoire de La Silla même. L'accès au site a été accordé à 1 000 visiteurs, dont plus de 30 lycéens et 30 personnes âgées venant de La Serena, La Higuera et Coquimbo, des quartiers proches de l'observatoire.

Un autre groupe d'étudiants est venu à La Silla en provenance de plusieurs régions du Chili. Les jeunes avaient été sélectionnés grâce à un concours organisé en collaboration avec le Ministère de l'Éducation du Chili. Les

étudiants devaient écrire une lettre expliquant leur intérêt pour la science et, en particulier, l'astronomie. Les gagnants ont été récompensés par un voyage entièrement payé à La Silla avec un parent.

La Silla est un bastion de l'ESO depuis les années 1960. C'est de là que l'ESO exploite deux des télescopes de la classe des 4 mètres les plus productifs au monde.

Le New Technology Telescope (NTT) de 3 mètres 58 était novateur en matière d'ingénierie et de conception de télescopes. C'était le premier télescope au monde doté d'un miroir principal commandé par ordinateur (optique active), une technologie mise au point à l'ESO, qui est utilisée de nos jours dans la plupart des grands télescopes du monde.

Le télescope de 3 mètres 60 de l'ESO abrite maintenant le principal chasseur de planètes extrasolaires au monde dans un observatoire au sol : le High Accuracy Radial velocity

***Le site de l'observatoire de La Silla en 1966.
(ESO/R. Holder)***





*Vue récente de La Silla
(ESO)*

Planet Searcher (HARPS), un spectrographe d'une précision inégalée.

Les utilisateurs réguliers de l'observatoire étaient également sur place afin de profiter des infrastructures d'observation existantes d'une manière inédite. Sept projets à vocation scientifique ou de vulgarisation ont été mis en œuvre pendant l'éclipse, certains utilisant les télescopes préexistants à La Silla, comme le NTT, ExTrA, TAROT et REM, d'autres des installations temporaires. Cela s'inscrit dans une longue tradition qui consiste à utiliser les éclipses pour des observations scientifiques, comme lors de la célèbre confirmation de la Relativité Générale qui a eu lieu il y a 100 ans.

L'éclipse partielle a débuté à 15 h 24 CLT. L'éclipse totale a duré 1 min 52 s à partir de 16 h 39 m 23 s. L'éclipse partielle a pris fin à 17 h 47, peu avant le coucher de Soleil.

Comme l'éclipse même n'a eu lieu qu'en fin d'après-midi, les visiteurs ont pu, le reste de la journée, profiter d'un large éventail d'activités, allant de la visite des télescopes de La Silla à une grande variété de conférences, musiques et ateliers. Des astronomes de l'ESO et des guides étaient sur place pour rencontrer les visiteurs tout au long de la journée.

La dernière éclipse solaire totale visible depuis La Silla avait eu lieu à la fin du 16^e siècle, et la prochaine ne se déroulera pas avant 2231.



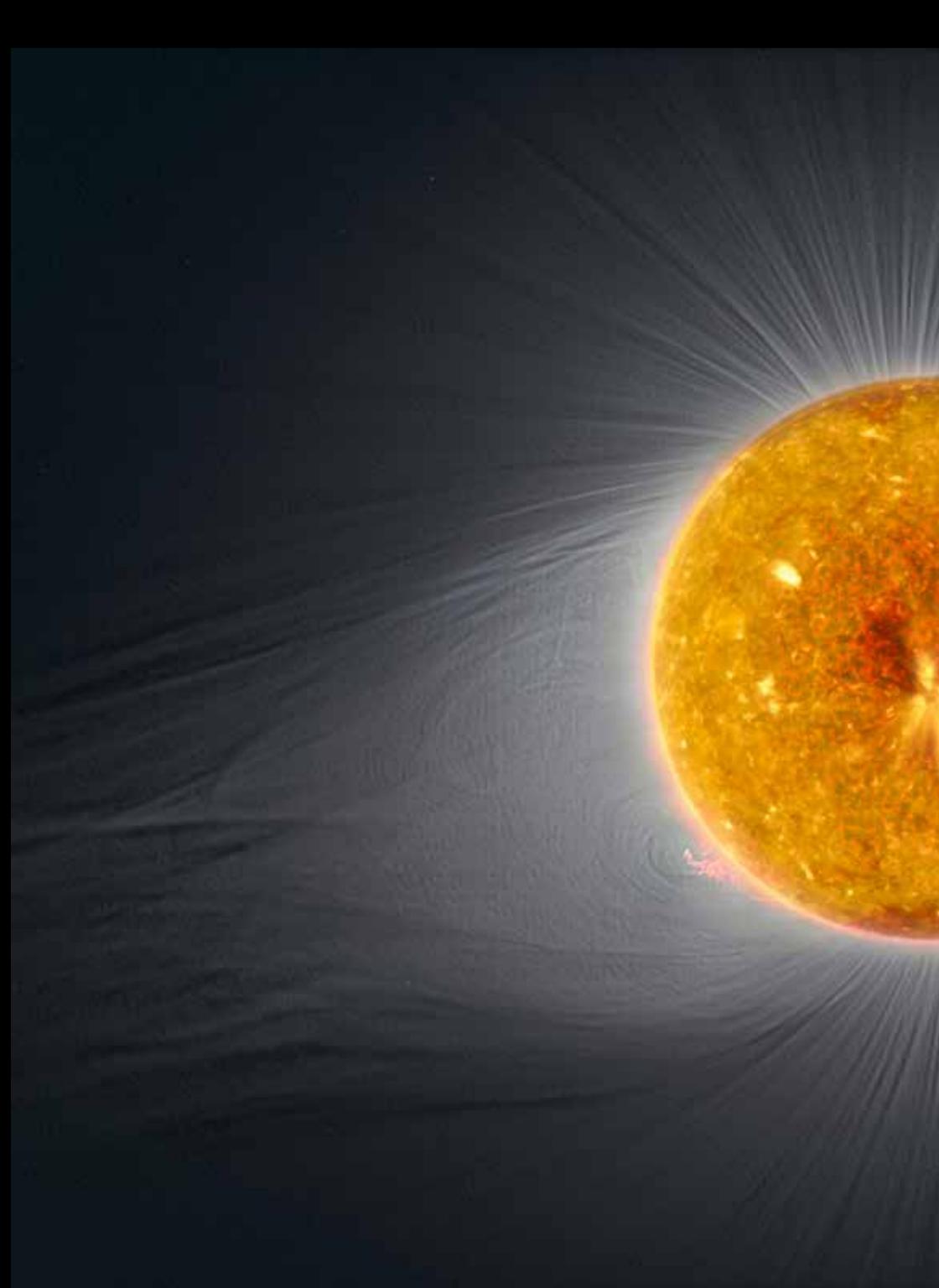
*Composite d'images de l'éclipse de
Soleil du 2 juillet vue à l'observatoire de
l'ESO de La Silla. La totalité a duré un
peu moins de deux minutes.
(ESO/P. Horalek)*





*Le Soleil éclipié.
(ESO/P. Horalek)*



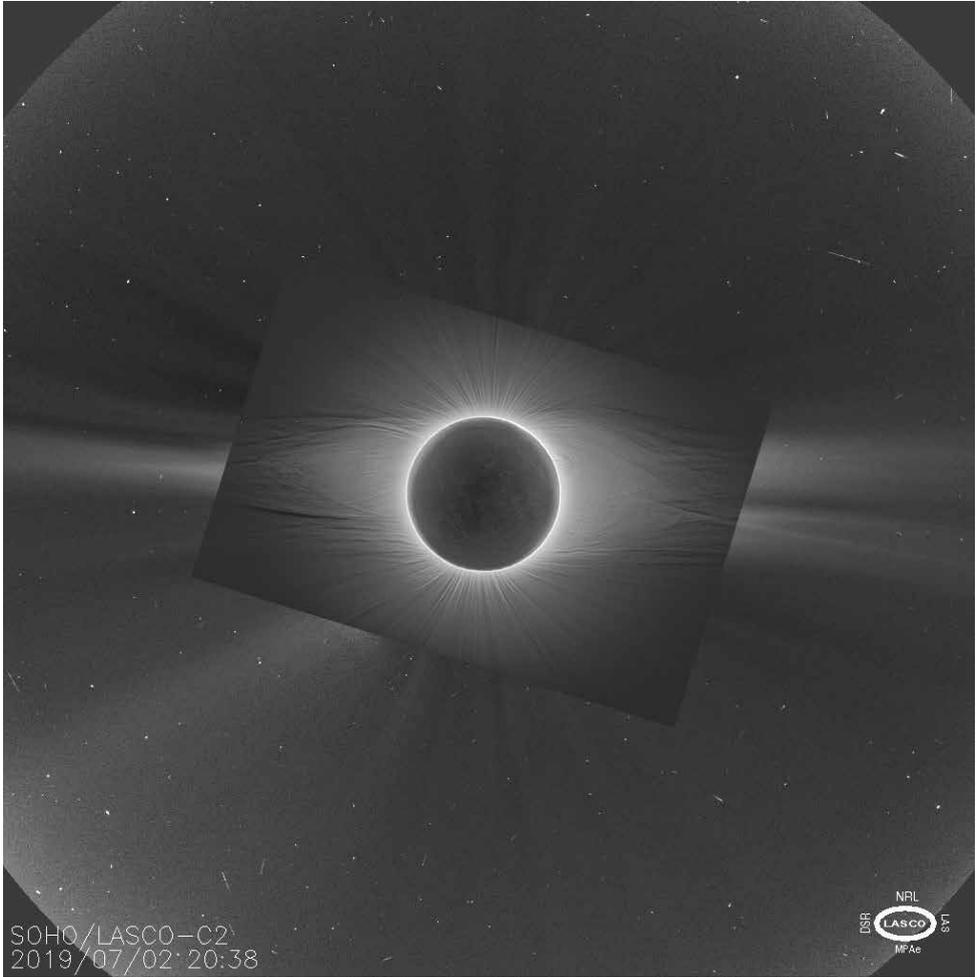




Combinaison d'une image de la couronne prise lors de l'éclipse avec une image de la photosphère combinant des données des instruments EIT de Soho et AIA du SDO (Solar Dynamics Observatory) dans des longueurs d'onde ultraviolettes (284 Å pour Soho et 193 Å, 211 Å, 304 Å et 171 Å pour SDO).

On voit une région relativement active au centre du disque.

(ESO/P. Horálek, SOHO/NASA&ESA), SDO/NASA)



*Combinaison d'une image prise au sol avec une image obtenue au même moment par le télescope spatial Soho. Celui-ci voit le Soleil et la couronne interne occultés en permanence par un disque opaque. Une éclipse donne l'occasion de combler ce vide.
(ESO/P. Horálek, SOHO/ESA & NASA)*