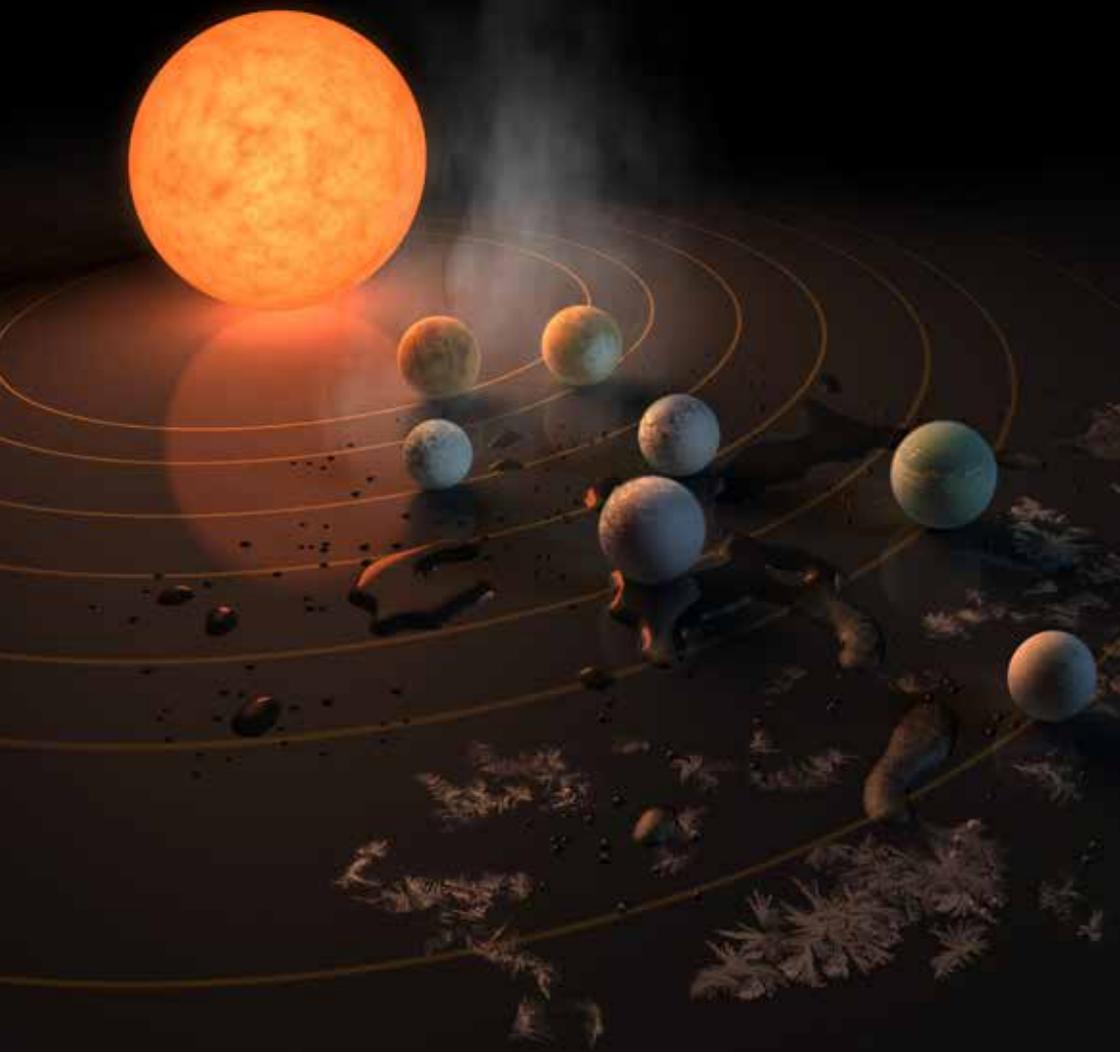


TRAPPIST-1 et les sept planètes



Basé sur des communiqués ESO, NASA

Des astronomes sous la houlette d'une équipe liégeoise ont utilisé le télescope TRAPPIST-Sud installé à l'observatoire de La Silla de l'ESO ainsi que d'autres télescopes disséminés dans le monde entier¹, pour établir l'existence d'au moins sept planètes de petite taille en orbite autour de la naine rouge et



Un doodle de google célébrant les découvertes.

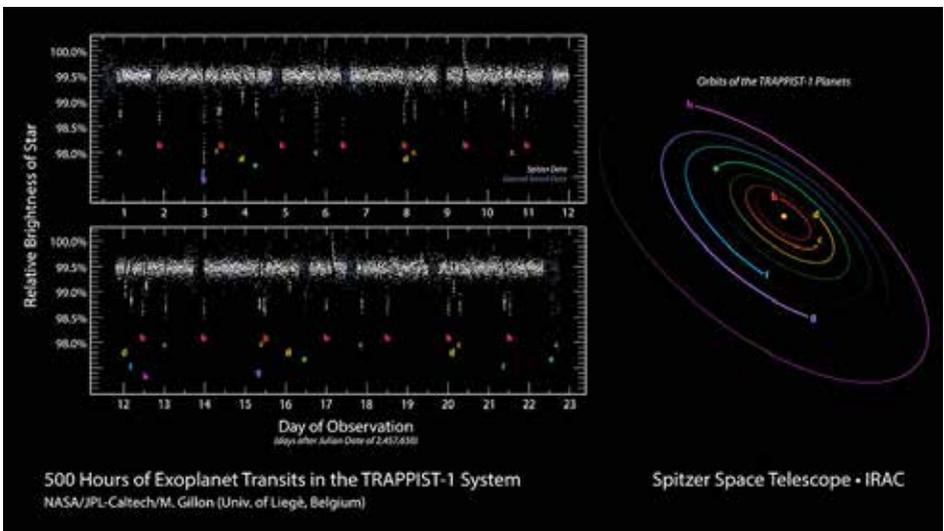
1 Outre le Télescope Spatial Spitzer de la NASA, l'équipe a utilisé de nombreux instruments au sol : TRAPPIST-Sud installé à l'observatoire de La Silla de l'ESO au Chili, HAWK-I qui équipe le Very Large Telescope de l'ESO au Chili, TRAPPIST-Nord au Maroc, le télescope UKIRT de 3,8 mètres à Hawaï, les télescopes Liverpool de 2 mètres et William Herschel de 4 mètres implantés à La Palma dans les îles Canaries, et le télescope SAAO de 1 mètre en Afrique du Sud.

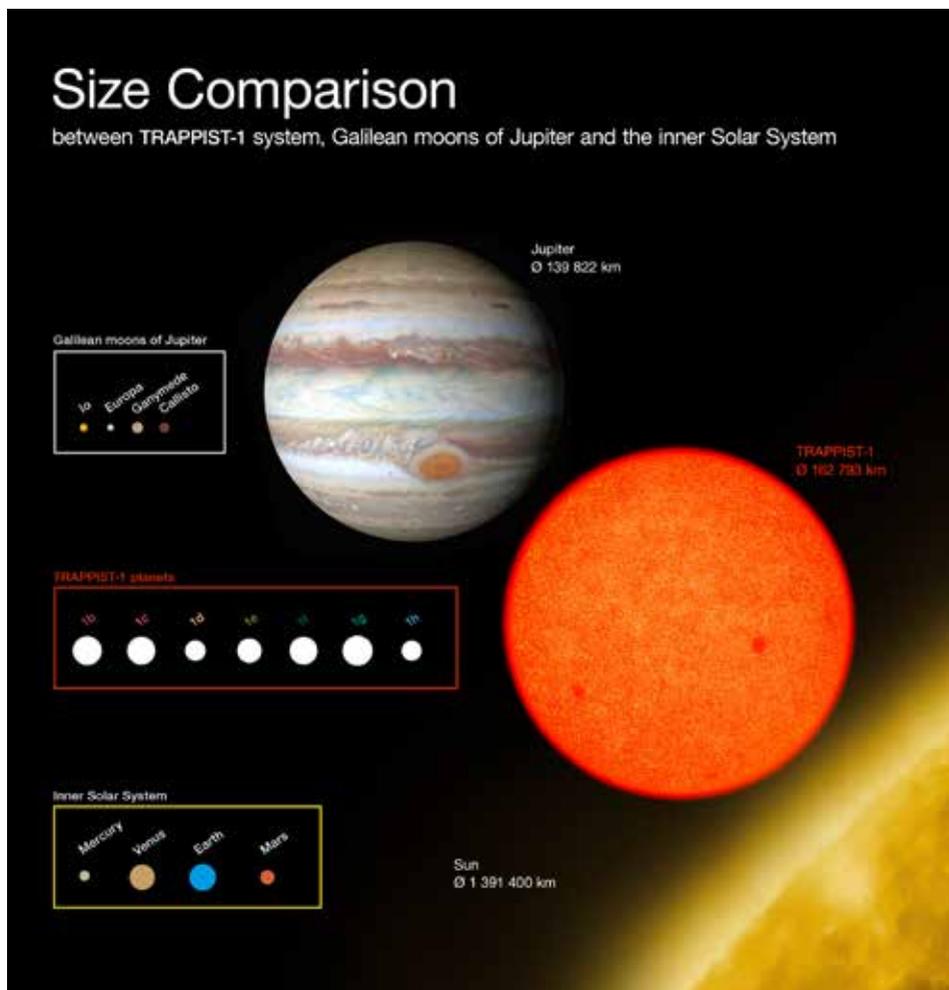
Variations de luminosité de la naine ultra-froide TRAPPIST-1 sur une période de 20 jours s'étalant de septembre à octobre 2016, mesurées par le Télescope Spatial Spitzer de la NASA ainsi que de nombreux instruments au sol. À plusieurs reprises, la brillance de l'étoile chuta quelques instants, marquant le transit d'une ou de plusieurs planètes devant l'étoile. (NASA/M. Gillon et al.)

froide TRAPPIST-1². L'ensemble des planètes, dénommées TRAPPIST-1b, c, d, e, f, g et h en fonction de la distance croissante à leur étoile hôte, ont des dimensions semblables à celles de la Terre.

Début 2016, les astronomes liégeois annonçaient la découverte de trois planètes

2 TRAPPIST-Sud est un télescope robotique belge de 0,6 mètre de diamètre installé à l'observatoire de La Silla de l'ESO au Chili et piloté depuis l'université de Liège. Sa mission consiste principalement à observer le rayonnement en provenance de 60 des naines ultra-froides et des naines brunes – des étoiles dont la masse est trop faible pour que des réactions nucléaires se produisent en leurs cœurs – les plus proches de la Terre, afin de détecter la survenue de transits planétaires. TRAPPIST-Sud et son jumeau TRAPPIST-Nord sont les précurseurs du système SPECULOOS en cours d'installation à l'observatoire Paranal de l'ESO.



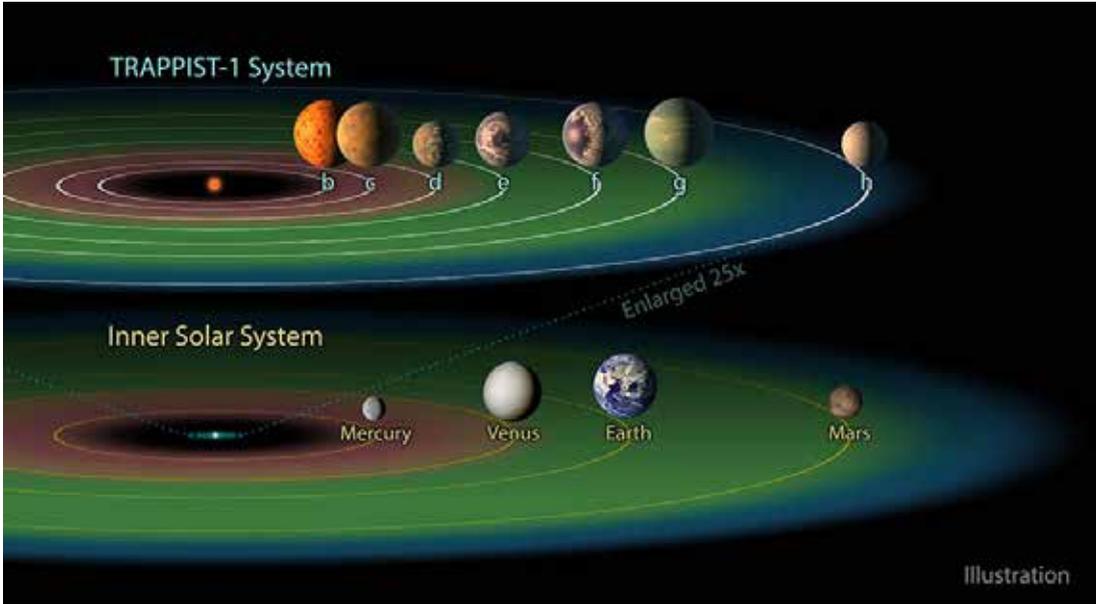


en orbite autour de TRAPPIST-1 (cf *Le Ciel*, juin 2016, p. 334 et septembre 2016, p. 440). La survenue d'un triple transit – observé au moyen de l'instrument HAWK-1 qui équipe le VLT – les a conduits à intensifier leurs observations de suivi du système. Ce transit démontrait l'existence d'au moins une autre planète autour de l'étoile. Et la courbe de lumière attestait pour la première fois des transits

Comparaison des tailles des planètes autour de la naine rouge TRAPPIST-1 ainsi que de celles des satellites de Jupiter. Toutes les planètes détectées sont de dimensions semblables à celles de la Terre. (ESO, O. Furtak)

simultanés de trois exoterras tempérées, dont deux situées au sein de la zone habitable.

L'observation des variations de luminosité stellaire au passage de chacune des sept planètes devant leur étoile hôte – des événe-



ments baptisés transits – a procuré à Michael Gillon, Emmanuël Jehin et leurs collègues des informations relatives à leur taille, à leur composition ainsi qu’à leurs orbites respectives. Il est ainsi apparu qu’au moins six des planètes intérieures sont semblables à la Terre, en termes de taille et de température. L’évaluation des masses et des densités permise par les perturbations gravitationnelles entre planètes conduit à penser que les six plus proches de l’étoile sont de composition rocheuse. Avec un diamètre neuf fois plus petit que celui du Soleil, l’étoile est très petite – à peine plus grosse que Jupiter.

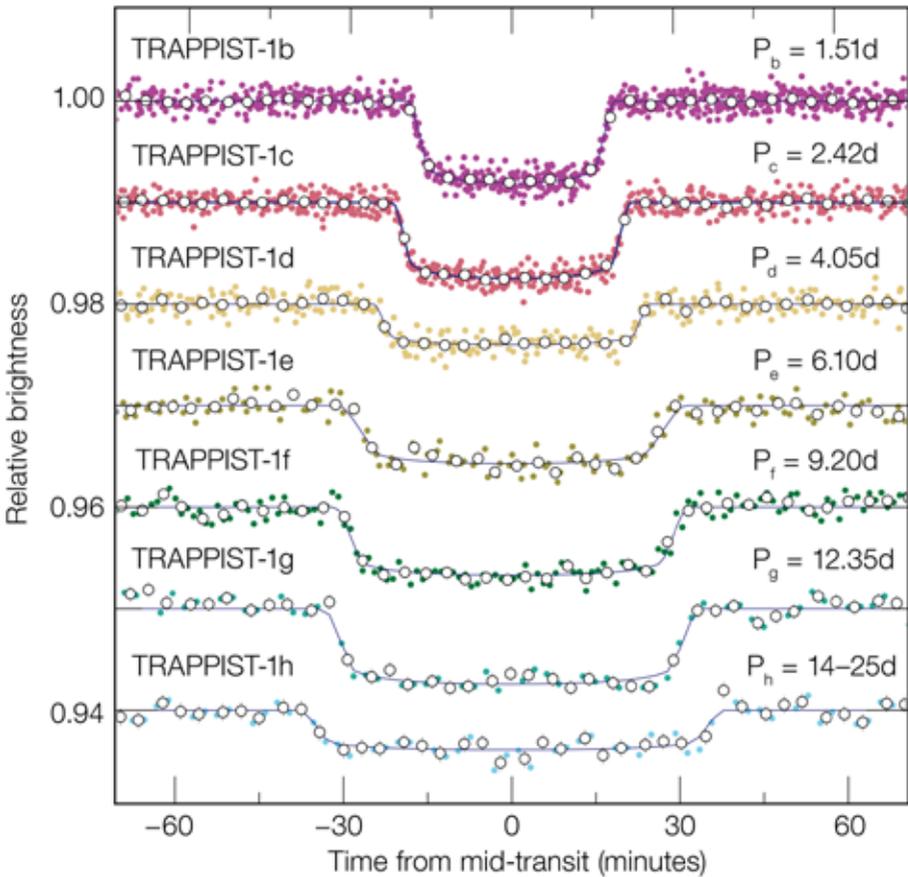
Les astronomes soupçonnaient la présence de nombreuses exoterres à proximité directe de telles étoiles naines, ce qui leur a valu d’être élevées au rang de cibles promet-

Comparaison du système des sept planètes gravitant autour de TRAPPIST-1 avec le Système solaire. La région verte matérialise l’extension de la zone habitable, occupée par des planètes susceptibles d’être au moins partiellement recouvertes d’océans. L’orbite de la planète la plus extérieure (h) est encore incertaine. (NASA/M. Gillon et al.)

teuses pour la recherche de vie extraterrestre. Toutefois, TRAPPIST-1 est à ce jour le seul système de ce type à avoir fait l’objet d’une détection.

Le rayonnement issu d’étoiles naines rouges est bien plus faible que celui émis par le Soleil. La présence d’eau en surface suppose donc que les planètes se situent à plus grande proximité de leur étoile hôte que les planètes du Système solaire. Par chance, il semble que ce type de configuration compacte existe autour de TRAPPIST-1. Les orbites sont semblables à celles



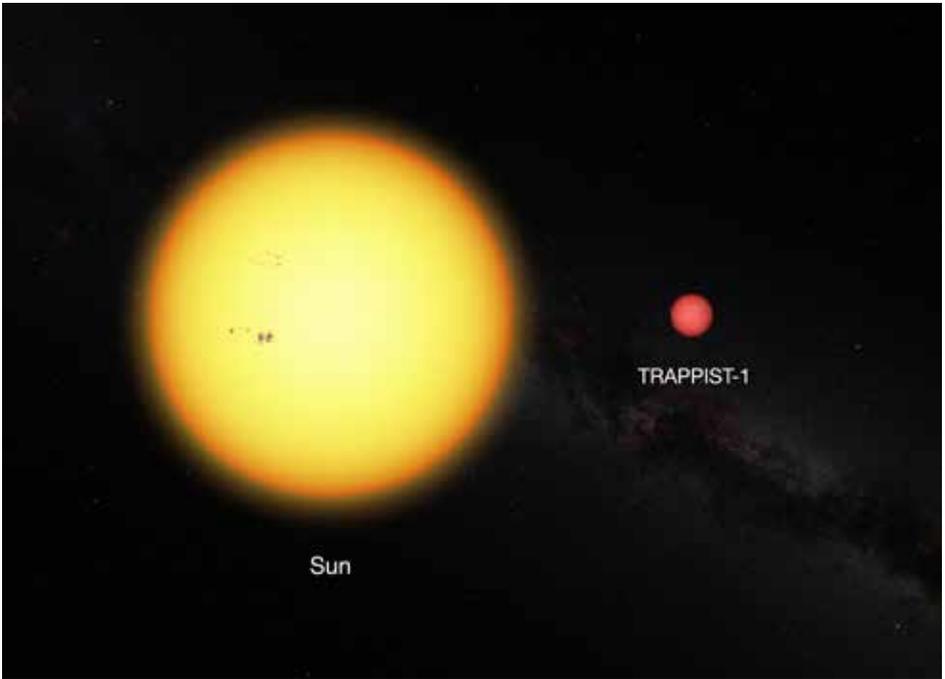


des satellites joviens – bien plus serrées que l’orbite de Mercure autour du Soleil. Les dimensions restreintes de l’étoile et sa faible température de surface sont compensées par la proximité de ses planètes intérieures : c, d et f reçoivent autant d’énergie en effet que, respectivement, Vénus, la Terre et Mars.

Chacune des sept planètes détectées au sein de ce système est susceptible d’avoir de l’eau liquide en surface. Leurs distances orbitales respectives permettent toutefois de hiérarchiser les probabilités. Les modèles climatiques suggèrent ainsi que les planètes les plus proches de leur étoile hôte, à savoir b,

Courbes de lumière lors des transits des différentes planètes. Les planètes les plus grosses provoquent des baisses de luminosité plus importantes tandis que les planètes les plus distantes – qui orbitent plus lentement – effectuent des transits plus longs. Ces données ont été déduites d’observations effectuées par le Télescope Spatial Spitzer de la NASA. (ESO/M. Gillon et al.)

c et d, sont probablement trop chaudes pour être totalement couvertes d’eau liquide. À l’inverse, h se situe certainement à trop grande distance pour que de l’eau liquide existe en surface – à moins que d’autres processus de



réchauffement n'y surviennent. Parmi ces processus figure l'effet de marée généré par l'attraction gravitationnelle de l'étoile. Il se traduit par des déformations répétées de la planète, l'apparition de forces de frottement internes et donc le dégagement de chaleur. Ce processus est à l'origine du volcanisme actif sur Io, l'un des satellites de Jupiter. Dans l'éventualité où la planète h aurait conservé une atmosphère primitive riche en hydrogène, son refroidissement pourrait s'effectuer à un rythme très lent.

Parce qu'elles se situent au cœur même de la zone d'habitabilité et sont susceptibles d'abriter des océans, les planètes e, f et g constituent, pour les chasseurs d'exoplanètes, des candidates rêvées. Cette découverte met

Comparaison du Soleil et de l'étoile naine TRAPPIST-1. Le diamètre de cette étoile peu lumineuse ne correspond qu'à seulement 11% du diamètre du Soleil et sa couleur est bien plus rouge. (ESO)

au jour le plus vaste échantillon d'exoplanètes orbitant en quasi résonance les unes avec les autres. Les astronomes ont mesuré le temps nécessaire à chaque planète pour parcourir une orbite complète et en ont déduit le rapport entre la période de chaque planète et celle de la planète voisine plus distante. Les six planètes

les plus proches de TRAPPIST-1 présentent des rapports voisins de fractions simples comme 5:3 ou 3:2. Pour les spécialistes, cela signifie





que les planètes se sont vraisemblablement formées simultanément, loin de leur étoile, puis qu'elles se sont déplacées vers l'intérieur du système jusqu'à adopter leur configuration actuelle. Si cette hypothèse se vérifiait, cela signifierait qu'elles sont de faible densité et riches en éléments volatils et, par voie de conséquence, dotées d'une surface gelée et/ou d'une atmosphère.

Ces nouvelles découvertes font de TRAPPIST-1 une cible privilégiée pour des études ultérieures. Le Télescope Spatial Hubble du consortium NASA/ESA est d'ores et déjà en quête d'informations sur l'existence ou non d'atmosphère autour de ces planètes. La prochaine génération de télescopes, tels le Télescope géant Européen (E-ELT pour European Extremely Large Telescope) de l'ESO et le Télescope Spatial James Webb du

Cette image d'artiste permet d'appréhender la vue depuis l'une des planètes situées au cœur du système TRAPPIST-1, l'éclat de l'étoile hôte se reflétant sur la surface rocheuse. Sept planètes au moins gravitent autour de cette naine ultra-froide distante de 40 années-lumière de la Terre. Toutes ont des dimensions semblables à celles de la Terre. En outre, plusieurs d'entre elles se situent à la distance requise de leur étoile pour envisager l'existence d'eau liquide à leur surface.

(ESO/N. Bartmann/spaceengine.org)

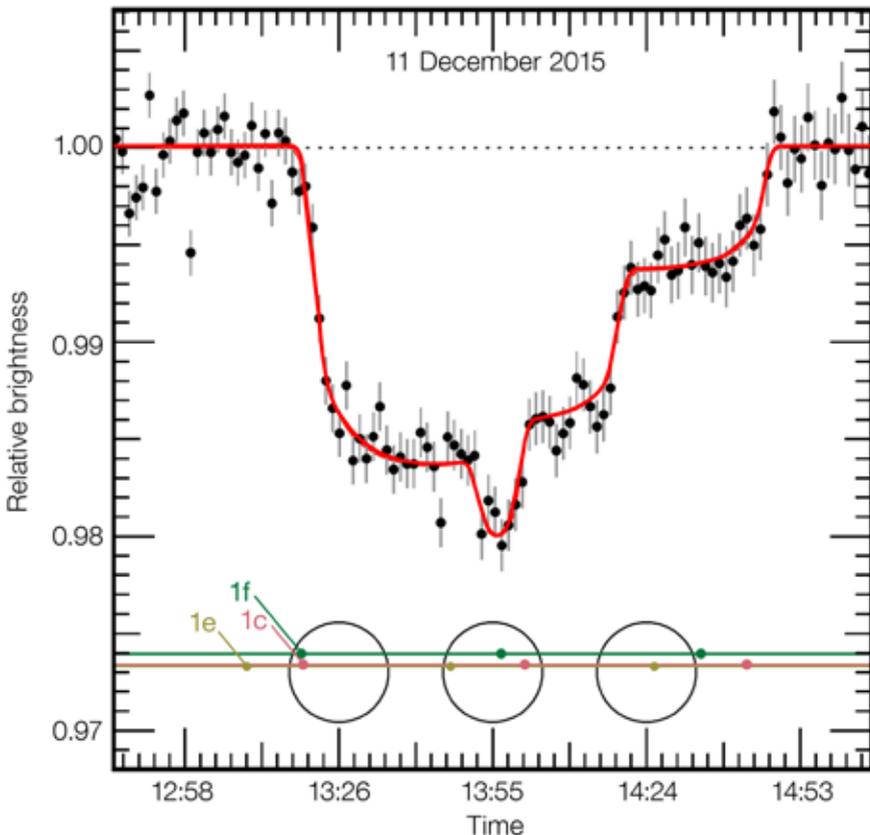
consortium NASA/ESA/CSA, seront bientôt en mesure de détecter de l'eau et peut-être des traces de vie sur ces autres mondes.

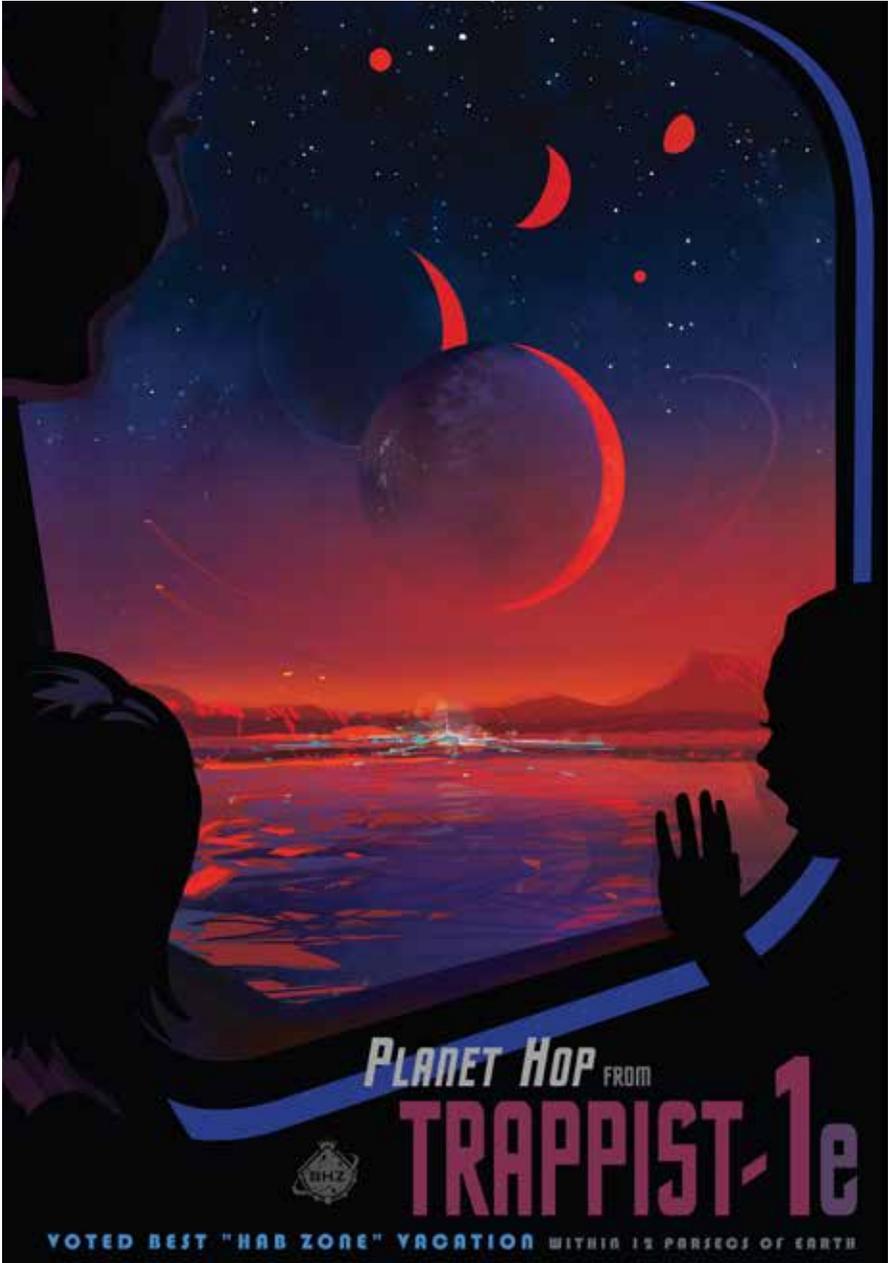
Plusieurs circonstances rendent problématique la présence de vie dans ce système. Des planètes aussi proches de l'étoile centrale

ont probablement leur rotation synchrone avec leur période orbitale. Elle devraient présenter constamment la même face vers l'étoile ce qui provoque d'importants gradients de température ou/et des vents importants s'il y a une atmosphère. Il pourrait malgré tout y avoir quelques zones tempérées susceptibles d'abriter la vie. Les naines rouges ont la réputation d'être très actives, produisant des éruptions beaucoup plus violentes que le Soleil qui balayeraient impitoyablement des planètes aussi proches. Jusqu'ici, cependant, TRAPPIST-1 s'est montrée très calme, mais est-ce toujours le cas ? On ne l'observe que depuis peu de temps.

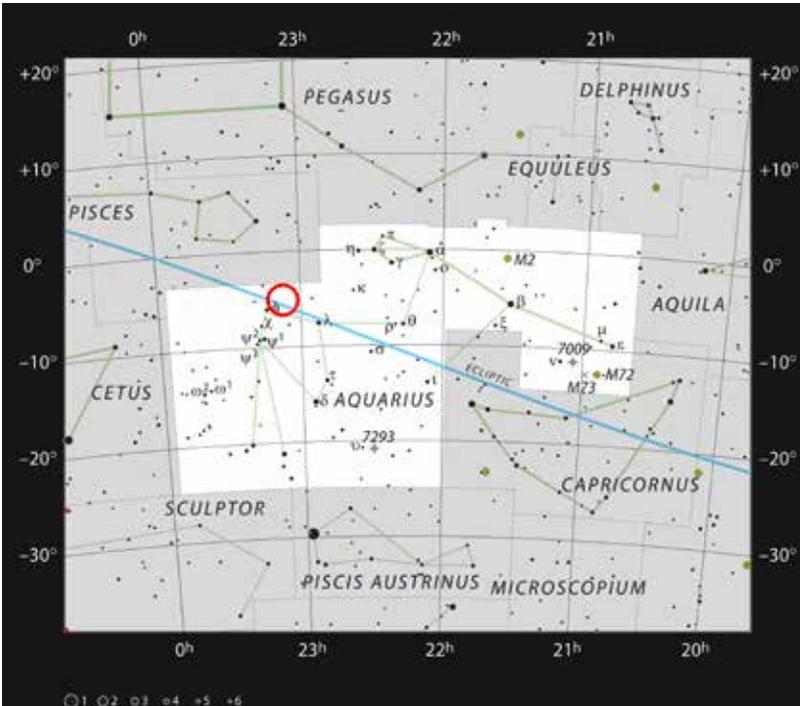
Par contre, si la vie n'est pas encore apparue sur ces planètes, ce n'est peut-être que partie remise. Ce type d'étoile vit des centaines de milliards d'années, beaucoup plus longtemps que la nôtre. Rappelons à ce propos que la vie est apparue très tôt sur Terre, ce qui reste à ce jour l'argument le plus solide en faveur de la vie extraterrestre.

Variation de luminosité de l'étoile au cours d'un exceptionnel transit triple observé par le VLT de l'ESO. Cette courbe de lumière témoigne pour la première fois des transits simultanés de trois planètes de tailles voisines de celle de la Terre. (ESO/M. Gillon et al.)





Vue d'artiste depuis la planète e, la quatrième par la distance à l'étoile. Les positions des six autres planètes et des étoiles ne sont pas aléatoires, mais issues d'un modèle réaliste. (NASA)



Ci-dessus, vue d'artiste d'un paysage de la planète 1f. (NASA/JPL-Caltech)

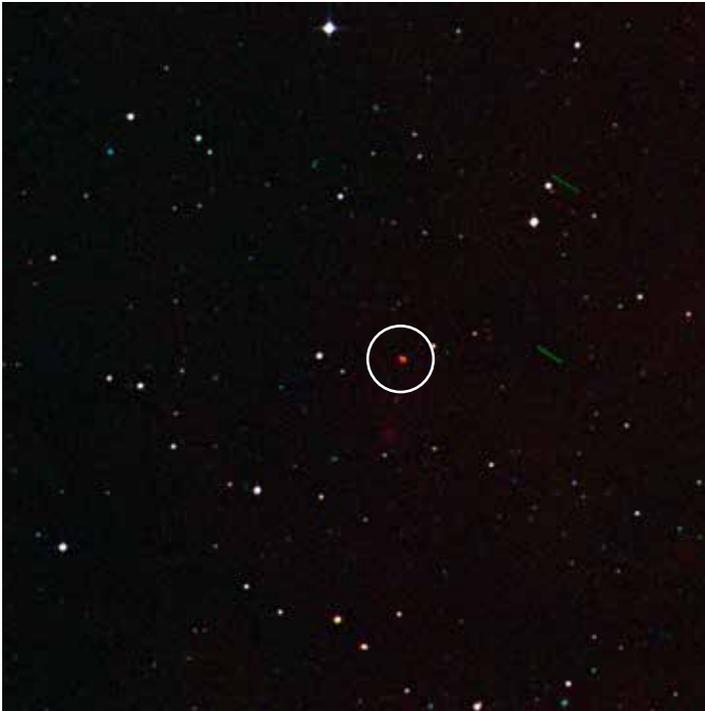
À gauche, carte du Verseau montrant la position de TRAPPIST-1. (ESO, Sky and Telescope)

La naine rouge 2MASS J23062928-0502285, alias TRAPPIST-1, a beau être située très près de nous, à une quarantaine d'années-lumière, elle n'en est pas moins difficile à observer. Sa magnitude visuelle est proche de 19, soit cent fois plus faible que Pluton. Dans l'infrarouge proche, à la limite de sensibilité des CCD habituels, elle gagne quelques magnitudes et c'est ce qui permet son suivi avec un télescope de 60 cm comme TRAPPIST, considéré comme petit pour les professionnels mais gros pour les amateurs. Les images jointes montrent un champ d'une quinzaine de minutes centré sur l'étoile. L'une d'elles combine les données B, R et I du Digital Sky Survey (DSS), l'autre provient de TRAPPIST et comporte seulement la bande « Iz » s'étendant

sur tout le domaine de sensibilité rouge et infrarouge du CCD. L'étoile apparaît très rouge sur l'image BRI.

Son mouvement propre important la fera traverser l'écliptique dans quelques milliers d'années. Ainsi les astronomes e-iens, f-iens ou g-iens pourraient assister aux transits de planètes de notre système devant le Soleil – pour eux une étoile de sixième magnitude dans le Lion. Le transit de la Terre devant le Soleil ne donnera qu'un assombrissement de 0,01%. Quant à Jupiter, la chute sera de l'ordre du pour cent. La situation symétrique entre le Soleil et T1 montre combien grande est la difficulté de détecter un système comme le nôtre. Observée depuis T1, la Terre transitera devant le Soleil quelques milliers de fois avant

*Champ de TRAPPIST-1 en BRI. Les traits inclinés sont les traces d'astéroïdes.
(Aladin/DSS)*



de s'écarter de la ligne de visée. Pour les planètes géantes ce sera encore plus maigre. Jupiter n'aura le temps que d'effectuer quelques dizaines de transits sur quelques siècles.

On peut se faire une idée du nombre de transits visibles depuis TRAPPIST-1 en recensant les occultations de l'étoile par la Terre et Jupiter observables depuis le Soleil. Le calcul pour la Terre donne environ 2573 transits d'une durée maximale d'à peu près 13 heures entre ~3584 et ~6156.

***Champ de TRAPPIST-1 en Iz.
(TRAPPIST)***



Pour Jupiter on trouve 56 transits de maximum 31 heures entre 9531 et 10183. Et s'ils lisent *Le Ciel*, les « Trappistiens » sauront qu'en

7972 puis en 8056, il y aura même un transit d'Uranus.

Depuis la Terre, les transits sont infiniment plus nombreux et la diminution d'intensité est importante pour toutes les planètes. Quant à la période durant laquelle l'orientation du plan des planètes TRAPPIST est favorable, elle se mesure au moins en siècles ou en millénaires, le rapport entre la dimension des étoiles et des orbites étant comparable.

