

# L'astronomie dans le monde

## ***Distances intergalactiques***

*Basé sur un communiqué University of Hawai'i*

Quel âge a notre Univers et quelle est sa taille ? Des chercheurs ont rassemblé la plus grande compilation de distances de galaxies de haute précision jamais réalisée, Cosmicflows-4. À l'aide de huit méthodes différentes, ils ont mesuré les distances de pas moins de 56 000 galaxies.

Les galaxies situées au-delà de notre voisinage immédiat s'éloignent d'autant plus vite qu'elles sont plus lointaines, ce qui est une conséquence de l'expansion de l'Univers qui a commencé au moment du Big Bang. Les mesures des distances des galaxies, couplées aux informations sur leurs vitesses d'éloignement, permettent de déterminer l'échelle de l'Univers et le temps qui s'est écoulé depuis sa naissance.

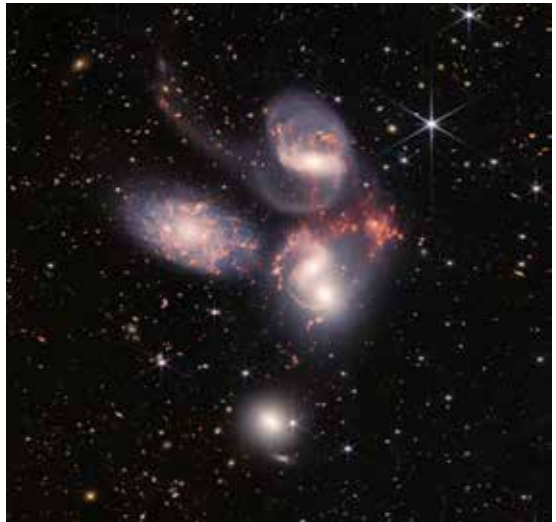
Depuis que les galaxies ont été identifiées comme distinctes de la Voie lactée il y a une centaine d'années, les astronomes ont essayé de mesurer leurs distances. Maintenant, avec des outils plus précis, ils peuvent mesurer

les distances des galaxies ainsi que le taux d'expansion de l'Univers qui y est lié et le temps écoulé depuis la naissance de l'Univers avec une précision de quelques pour cent.

À partir de mesures récentes, les chercheurs ont déduit pour le taux d'expansion de l'Univers  $H_0$  (la constante de Hubble) la valeur de 75 kilomètres par seconde par mégaparsec ou Mpc (1 mégaparsec = 3,26 millions d'années-lumière), avec une très faible incertitude d'environ 1,5 %.

Il existe plusieurs façons de mesurer les distances entre galaxies. En général, les chercheurs se concentrent sur une méthode particulière. Le programme Cosmicflows intègre en outre des informations provenant de nombreuses études antérieures.

***Le quintette de Stephan. Quatre de ces galaxies, distantes de 270 millions d'années-lumière, interagissent fortement entre elles. La galaxie de gauche, NGC 7320, se trouve au premier plan, à 54 millions d'années-lumière. (NASA)***



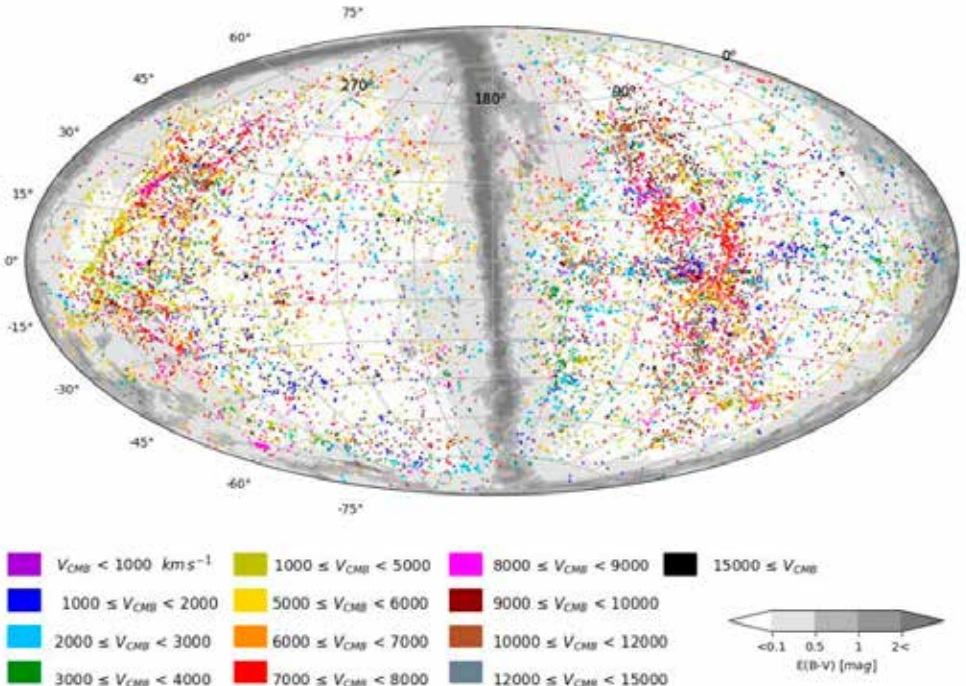
Si cela confirme que l'âge de l'Univers est d'un peu plus de 13 milliards d'années, il reste cependant un dilemme de grande importance dans les détails.

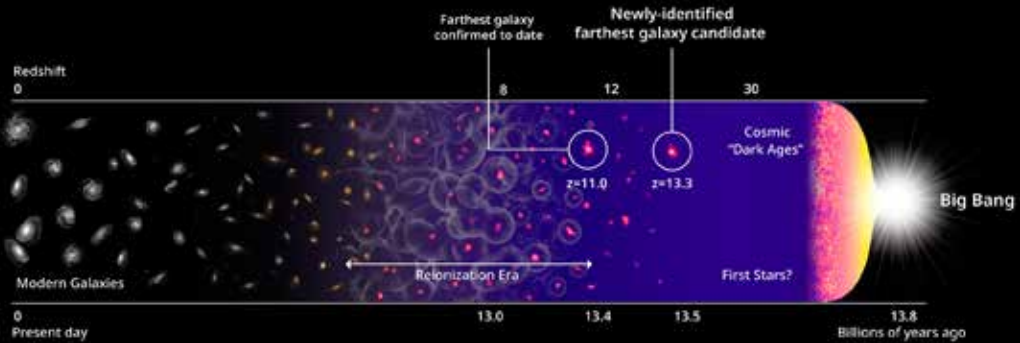
La physique de l'évolution de l'Univers basée sur le modèle standard de la cosmologie prédit  $H_0 = 67,5 \text{ km/s/Mpc}$ , avec une incertitude de  $1 \text{ km/s/Mpc}$ . La différence entre les valeurs mesurées et prédites pour la constante de Hubble est ainsi de  $7,5 \text{ km/s/Mpc}$  – bien plus que ce à quoi on peut s'attendre compte tenu des incertitudes statistiques. Soit il y a un problème fondamental dans notre compréhension de la physique du cosmos, soit il y a une erreur systématique cachée dans les mesures des distances des galaxies.

Cosmicflows-4 est également utilisé pour étudier comment les galaxies se déplacent individuellement, en plus de suivre l'expansion globale de l'Univers.

Les écarts par rapport à cette expansion régulière sont dus aux influences gravitationnelles d'amas de matière, à des échelles allant de notre Terre et de notre Soleil à des congrégations de galaxies à l'échelle d'un demi-milliard d'années-lumière. La mystérieuse matière noire est le composant dominant à des échelles plus grandes. En connaissant les mouvements des galaxies en réponse à la masse qui les entoure, nous pouvons recréer les orbites que les galaxies ont suivies depuis leur formation, ce qui nous permet de mieux comprendre comment les vastes structures de l'Univers, dominées par la matière noire, se sont formées au cours du temps.

*Carte des 56 000 galaxies mesurées dans le cadre de Cosmicflows-4. (University of Hawai'i)*





## ***HD1, la galaxie la plus lointaine jamais observée***

*Basé sur un communiqué Cfa*

Les astronomes pensent avoir repéré l'objet astronomique le plus lointain jamais observé : une galaxie dénommée HD1 et distante de quelque 13,5 milliards d'années-lumière.

HD1 est extrêmement brillante en ultra-violet. Certains processus énergétiques s'y déroulent, ou s'y sont déroulés il y a quelques milliards d'années. Ces caractéristiques de HD1 laissent penser qu'elle pourrait former des étoiles à une vitesse stupéfiante et même abriter des étoiles de population III, les toutes premières étoiles de l'Univers – qui, jusqu'à présent, n'ont jamais été observées. Autre hypothèse, HD1 contiendrait un trou noir supermassif dont la masse serait d'environ 100 millions de Soleils.

Au début, les chercheurs ont supposé que HD1 était une galaxie « stardust » standard, c'est-à-dire une galaxie qui crée des étoiles à un rythme élevé. Mais après avoir calculé le nombre d'étoiles produites par HD1, ils ont

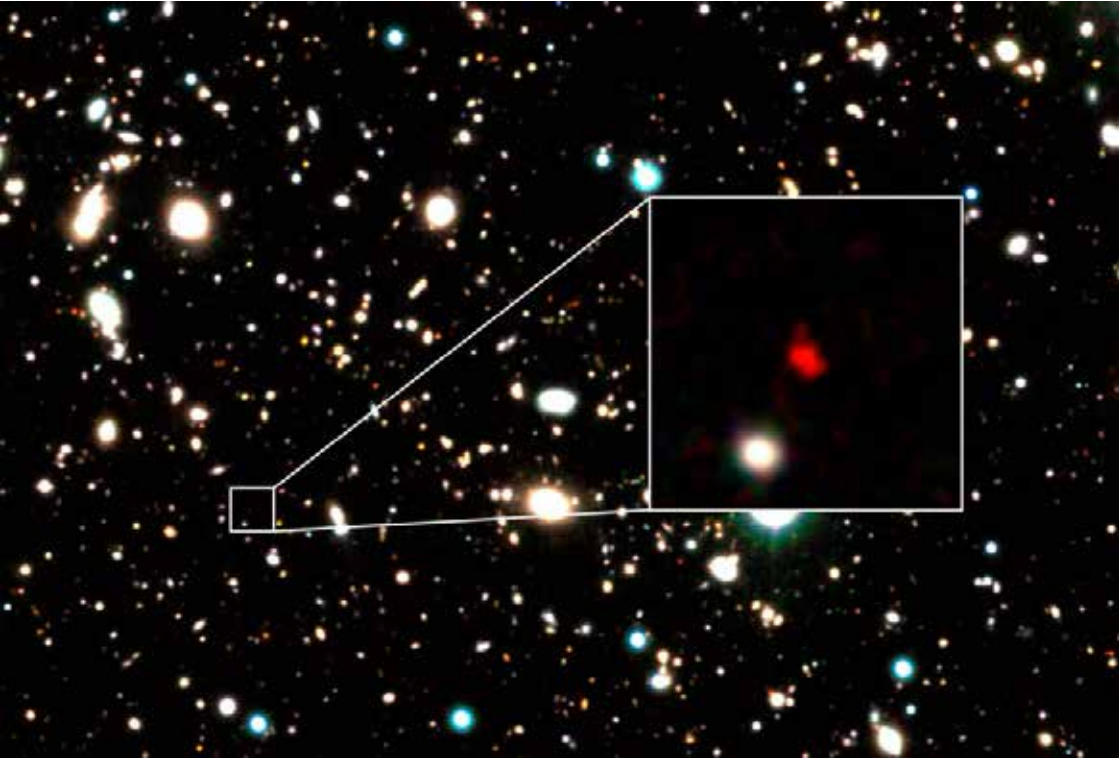
*La ligne du temps montre les premières galaxies candidates dans l'histoire de l'Univers. (Harikane et al., NASA, EST et P. Oesch/Yale)*

obtenu un taux incroyable – HD1 formerait plus de 100 étoiles chaque année. C'est au moins 10 fois plus que la norme pour ces galaxies.

Les astronomes ont alors commencé à soupçonner que HD1 ne formait peut-être pas des étoiles normales.

Les étoiles de la toute première population de l'Univers étaient plus massives, plus lumineuses et plus chaudes que les étoiles actuelles. Si les étoiles produites dans HD1 sont ces étoiles de population III, alors leurs propriétés pourraient être expliquées plus facilement. En fait, les étoiles de population III sont capables de produire plus de lumière UV que les étoiles normales, ce qui pourrait expliquer l'extrême luminosité de HD1 dans ce domaine du spectre.

Un trou noir supermassif, cependant, pourrait également expliquer l'extrême lumi-



nosité de HD1. En engloutissant d'énormes quantités de gaz, des photons de haute énergie pourraient être émis par la région entourant le trou noir.

Si c'est le cas, il s'agirait de loin du trou noir supermassif le plus précoce connu, observé beaucoup plus près du Big Bang qu'aucun autre. Il bat le plus haut redshift de quasar jamais enregistré par un facteur de presque deux, un exploit remarquable.

Se formant quelques centaines de millions d'années après le Big Bang, un trou noir dans HD1 aura dû grandir à partir d'une graine massive à un rythme sans précédent. Une fois de plus, la nature semble être plus imaginative que nous.

HD1 a été découverte après plus de 1 200 heures d'observation avec le télescope Subaru, le télescope VISTA, le télescope infrarouge UK et le télescope spatial Spitzer.

***HD1 apparaît en rouge au milieu de l'agrandissement.***  
*(Harikane et al., NASA, EST et P. Oesch/Yale)*

Il a fallu trouver HD1 parmi plus de 700 000 objets. La couleur rouge de HD1 correspondait étonnamment bien aux caractéristiques attendues d'une galaxie située à 13,5 milliards d'années-lumière.

L'équipe a ensuite effectué le suivi de l'objet à l'aide du réseau ALMA pour confirmer la distance, qui est de 100 millions d'années-lumière plus éloignée que GN-z11, la détentrice actuelle du record de la galaxie la plus éloignée.

Le télescope spatial James Webb permettra d'observer bientôt à nouveau HD1 pour vérifier sa distance et confirmer sa nature.

## Galaxies lointaines

Les astronomes ont combiné les premières données du télescope spatial James Webb (JWST) avec celles d'imagerie dans le proche infrarouge obtenues au sol dans le cadre du projet UltraVISTA DR5 pour mesurer les caractéristiques des galaxies les plus lointaines – celles présentant un décalage vers le rouge (redshift) supérieur à 8. Cela doit permettre d'obtenir une nouvelle estimation de l'évolution du taux de formation stellaire jusqu'à moins de 300 millions d'années du Big Bang.

L'échantillon consiste en 55 galaxies candidates de haut redshift, dont 44 sont de nouvelles découvertes. Parmi ces objets, six ont un redshift de plus de 12, et l'un semble même établir un nouveau record de décalage vers le rouge avec une valeur de 16,7. Jusqu'ici, les astronomes n'avaient pu atteindre que des objets avec des redshifts de l'ordre de 10 au maximum, en observant depuis le sol et avec les télescopes spatiaux Hubble et Spitzer.

Ces résultats soulignent l'importance d'obtenir un échantillon varié dans les études de l'évolution des galaxies primitives et réaffirment l'énorme potentiel des programmes JWST à venir pour transformer notre compréhension de l'Univers jeune.

La galaxie championne présumée, CEERS-93316, s'est formée environ 250 millions d'années après le Big Bang<sup>1</sup>. La galaxie devra faire l'objet d'observations spectroscopiques complémentaires avant de préciser sa distance et de valider le record, un record qui pourrait d'ailleurs être déjà contesté à ce moment vu le rythme des découvertes.

Les données de NIRC*am* (Near Infrared Camera), qui est l'imageur principal du télescope Webb, ont déjà pu exclure la possibilité que CEERS-93316 soit une étoile de faible masse ou un noyau galactique actif.

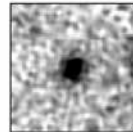
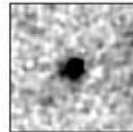
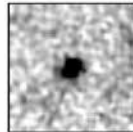
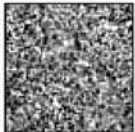
Après le Big Bang, l'Univers est entré dans l'« âge sombre », une période avant la naissance de toute étoile. Les observations de ces galaxies lointaines, et spécialement de CEERS-93316, font remonter les observations à l'époque où les toutes premières galaxies étaient en train de se former. Les observations suggèrent qu'il y a plus de galaxies dans l'Univers très ancien que les simulations informatiques ne le prédisent. On peut donc se poser beaucoup de questions sur comment et quand les premières étoiles et galaxies se sont formées.

En principe, le JWST pourrait détecter des galaxies jusqu'à des redshifts supérieurs à 20, soit à moins de 200 millions d'années apr. BB. Ces galaxies seront probablement extrêmement difficiles à trouver, mais la détection de CEERS 93316 donne de l'espoir aux astronomes.

Rappelons que l'objet le plus lointain observé est le fond diffus cosmologique (CMB) qui provient d'environ 400 000 ans apr. BB. Webb ne peut pas voir aussi loin, mais il est capable de sonder les premières étapes de la formation des galaxies.

***L'objet CEERS-93316 vu dans 6 longueurs d'ondes, de 1,1 à 4,5 microns, par la caméra NIRC*am* (Near Infrared Camera). (Donnan et al., 2022)***

CEERS 93316



<sup>1</sup> CEERS est l'acronyme de Cosmic Evolution Early Release Science Survey, un projet spécialement créé pour l'imagerie avec le JWST.

## ***Matière noire***

*Basé sur un communiqué Univ. Bonn*

Une nouvelle étude remet en question la présence de halos de matière noire autour des galaxies.

Plus spécifiquement, les chercheurs suggèrent que les galaxies naines de l'amas proche de Fornax en sont dépourvues.

Les galaxies naines sont de petites galaxies peu lumineuses que l'on trouve généralement dans des amas ou à proximité de galaxies plus grandes. Elles subissent ainsi des effets de marée de leurs grandes voisines, ce qui donne l'occasion aux astronomes de tester le modèle standard en examinant l'ampleur du phénomène. Les marées se produisent lorsque la gravité d'un corps tire différemment sur différentes parties d'un autre corps. Elles sont semblables aux marées terrestres qui résultent du fait que la Lune exerce une attraction plus forte sur le côté de la Terre qui lui fait face.

L'amas de Fornax possède une riche population de galaxies naines. Des observations récentes montrent que certaines de ces naines sont déformées, comme si elles avaient été perturbées par l'environnement de l'amas. Or, selon le modèle standard, les halos de matière noire des galaxies naines devraient en partie les protéger des marées soulevées par l'amas.

Les chercheurs ont comparé les perturbations observées sur les photographies prises par le VLT de l'ESO avec des modèles tenant compte des propriétés internes

des galaxies et de leur distance par rapport au centre de l'amas. Les galaxies de grande taille mais peu peuplées ainsi que les galaxies proches du centre de l'amas sont les plus facilement perturbées ou détruites.

Les auteurs ont trouvé que, dans le modèle standard, il n'est pas possible d'expliquer de manière cohérente les morphologies des naines de Fornax. Ils ont répété l'analyse en utilisant la dynamique Milgromienne (MOND). Au lieu de supposer que des halos de matière noire entourent les galaxies, la théorie MOND propose une correction de la dynamique newtonienne par laquelle la gravité subit un coup de pouce dans le régime des faibles accélérations. Les résultats montrent un accord remarquable entre les observations et les attentes de MOND pour le niveau de perturbation des naines de Fornax.

Ce n'est pas la première fois qu'une étude testant l'effet de la matière noire sur la dynamique et l'évolution des galaxies conclut que les observations sont mieux expliquées lorsqu'elles ne sont pas entourées de matière noire.

***La galaxie naine NGC 1427A traverse l'amas de galaxies Fornax et subit des perturbations qui ne seraient pas possibles si cette galaxie était entourée d'un halo de matière noire lourd et étendu, comme l'exige la cosmologie standard. (ESO)***



## **M87\***

*Basé sur un communiqué CfA*

Lorsque les scientifiques ont dévoilé la première image historique d'un trou noir en 2019 – représentant un noyau sombre entouré d'une aura de matière tombant vers lui – ils pensaient que des images et des informations encore plus riches attendaient d'être extraites de ces données.

Les simulations prédisent que, masquée par cette lueur vive, il devrait exister un mince anneau lumineux créé par les photons projetés à l'arrière du trou noir par son intense gravité.

De fait, les chercheurs ont maintenant combiné des prédictions théoriques et des algorithmes d'imagerie sophistiqués pour « remastériser » l'imagerie originale du trou noir. Leurs résultats, sont conformes aux prédictions théoriques et offrent de nouvelles façons d'explorer ces

objets mystérieux, qui résident au cœur de la plupart des galaxies.

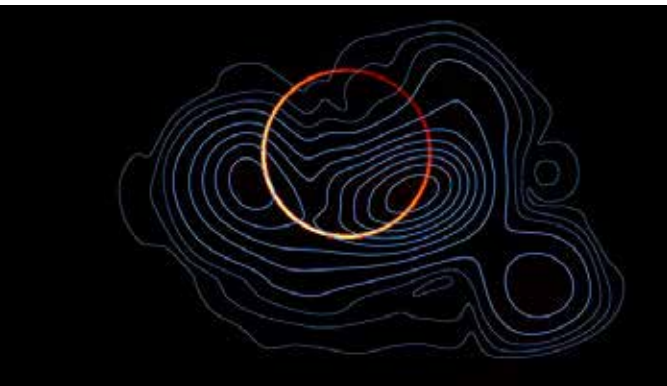
L'approche consiste à tirer parti de notre compréhension théorique de l'aspect de ces trous noirs pour construire un modèle personnalisé pour les données de l'EHT (Event Horizon Telescope). Le modèle décompose l'image reconstruite en deux parties qui peuvent être étudiées individuellement.

Le logiciel d'imagerie a permis d'isoler les caractéristiques distinctes de l'anneau à partir des observations originales du trou noir M87\*, et de révéler l'empreinte d'un puissant jet s'échappant du trou noir. L'environnement du trou noir peut alors être révélé en « épluchant » un par un des éléments de l'imagerie.

La technique nouvellement mise au point commence tout juste à montrer ses promesses sur les données EHT existantes de 2017.

*En haut, l'image originale de M87a produite en 2019 par l'EHT.  
(EHT Collaboration)*

*En bas, la nouvelle image, résolue en un anneau fin et brillant (carte de couleur orange) provenant de la séquence infinie d'images supplémentaires de la région d'émission, et une image plus diffuse, produite par les photons qui viennent directement vers la Terre (en contours bleus). Lorsqu'on les observe à la résolution du EHT, les deux composantes se confondent.  
(Broderick et al. 2022, ApJ, 935, 61)*





En ajoutant des télescopes et en développant la prochaine génération de l'EHT, la qualité et la quantité accrues des données permettront d'imposer des contraintes encore plus fortes sur ces signatures dont nous n'avons que les premiers aperçus.

Les trous noirs ont longtemps été considérés comme invisibles jusqu'à ce que les scientifiques les fassent sortir de leur cachette avec le réseau mondial de télescopes EHT. Grâce à huit observatoires répartis sur quatre continents, tous pointés vers le même endroit du ciel et reliés entre eux par une synchronisation à la nanoseconde, les chercheurs de l'EHT ont observé deux trous noirs en 2017.

La collaboration EHT a d'abord dévoilé en 2019 le trou noir supermassif M87\* de la galaxie Virgo A (M87), la plus brillante des galaxies de l'amas de la Vierge. Plus tard, en 2022, ils ont révélé le trou noir comparativement petit mais tumultueux au cœur de notre propre galaxie, la Voie lactée, Sagittarius A\* (ou Sgr A\*).

*Position des observatoires radio qui forment le réseau de l'EHT utilisé pour imager le trou noir central de la Voie lactée, Sagittarius A\*. Les télescopes signalés en jaune faisaient partie du réseau EHT lors des observations de Sagittarius A\* en 2017. Il s'agit de l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), de l'Atacama Pathfinder EXperiment (APEX), du télescope de 30 mètres de l'IRAM, du James Clark Maxwell Telescope (JCMT), du Large Millimeter Telescope (LMT), du Submillimeter Array (SMA), du Submillimeter Telescope (SMT) et du South Pole Telescope (SPT).*

*Les trois télescopes ajoutés à la collaboration EHT après 2018 sont surlignés en bleu : le télescope du Groenland, le Northern Extended Millimeter Array (NOEMA) en France et le télescope de 12 mètres de l'Arizona ARO à Kitt Peak. (ESO/M. Kornmesser)*



## ***DART touche Dimorphos***

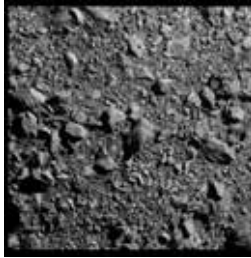
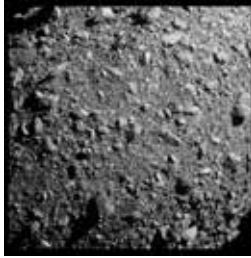
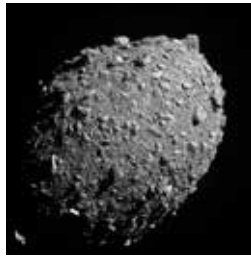
*Basé sur communiqués NASA*

La cible de DART était Dimorphos, le petit compagnon (160 mètres) de l'astéroïde Didymos (780 m). La période orbitale du couple est de 11 heures et 55 minutes et la séparation entre les centres des deux astéroïdes est de 1,18 kilomètres. DART a percuté Dimorphos presque de front, ce qui a raccourci la période de plusieurs minutes. Ce temps reste à déterminer et mesurera l'efficacité de la manœuvre.

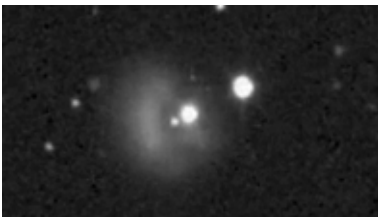
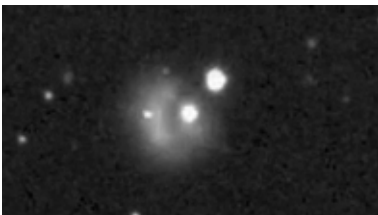
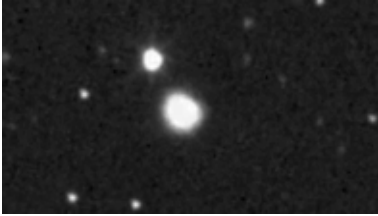
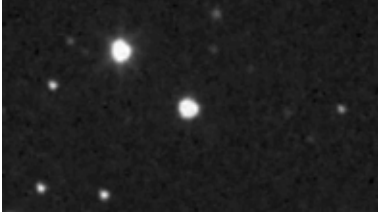
Didymos était le candidat idéal pour cette première expérience de défense planétaire de l'humanité, bien qu'il ne soit pas sur la trajectoire d'une collision avec la Terre et ne constitue donc pas une menace réelle pour la planète.

Le système Didymos est comme une binaire à éclipses : vu de la Terre, Dimorphos passe devant et derrière Didymos en tournant autour de lui. Par conséquent, les télescopes terrestres peuvent mesurer la variation régulière de la luminosité du système Didymos pour déterminer l'orbite relative des deux corps. Après l'impact, cette même technique révélera le changement de cette orbite par comparaison avec les mesures effectuées avant l'impact. Le moment de l'impact DART, en septembre 2022, a été choisi pour que la distance entre la Terre et Didymos soit réduite au minimum, afin de permettre des observations télescopiques de la plus haute qualité. Didymos était à environ 11 millions de kilomètres de la Terre au moment de l'impact de DART, de sorte que les télescopes du monde entier ont pu contribuer à la campagne d'observation internationale visant à déterminer l'effet de l'impact de DART.

L'impulsion que DART a délivrée à Dimorphos est faible et ne pouvait pas perturber l'astéroïde. La masse de l'engin spatial DART au moment de son impact était dix millions de fois moindre que celle de l'astéroïde, estimée à environ



***Séquence d'images obtenues par la sonde DART lorsqu'elle s'approchait de l'astéroïde binaire puis fondait sur le petit satellite Dimorphos. La dernière image complète avant l'impact a été prise d'une altitude de 7 km au-dessus sa cible. (NASA)***



5 milliards de kilogrammes. La modification de l'orbite de Dimorphos devait rapprocher légèrement les deux objets.

La mission DART est une démonstration de la capacité à répondre à la menace éventuelle de l'impact d'un astéroïde. Aucun astéroïde connu d'une taille supérieure à 140 mètres n'a de chance significative de frapper la Terre au cours des 100 prochaines années, mais seuls environ 40% de ces astéroïdes avaient été découverts à la fin 2021.

◀ *Séquence d'images détaillant l'impact, obtenues avec le système ATLAS (Asteroid Terrestrial Impact Alert System) de la NASA à Hawaii.*  
(ATLAS/NASA)

▼ *DART était accompagnée à quelques kilomètres d'une petite sonde de l'Agence Spatiale Italienne, qui a photographié la séquence d'événements. On voit ici le panache libéré par l'impact sur Dimorphos. L'objet principal est Didymos*  
(NASA, ASI)





## ***SPECULOOS découvre une super-Terre potentiellement habitable***

*Basé sur un communiqué Université de Liège*

Une équipe internationale de scientifiques, menée par Laetitia Delrez, astrophysicienne à l'université de Liège, vient d'annoncer la découverte de deux planètes de type « super-Terres » en orbite autour de LP 890-9. Appelée aussi TOI-4306 ou SPECULOOS-2, cette petite étoile froide située à une centaine d'années-lumière de notre Terre est la deuxième étoile la plus froide autour de laquelle des planètes sont détectées, après la célèbre TRAPPIST-1.

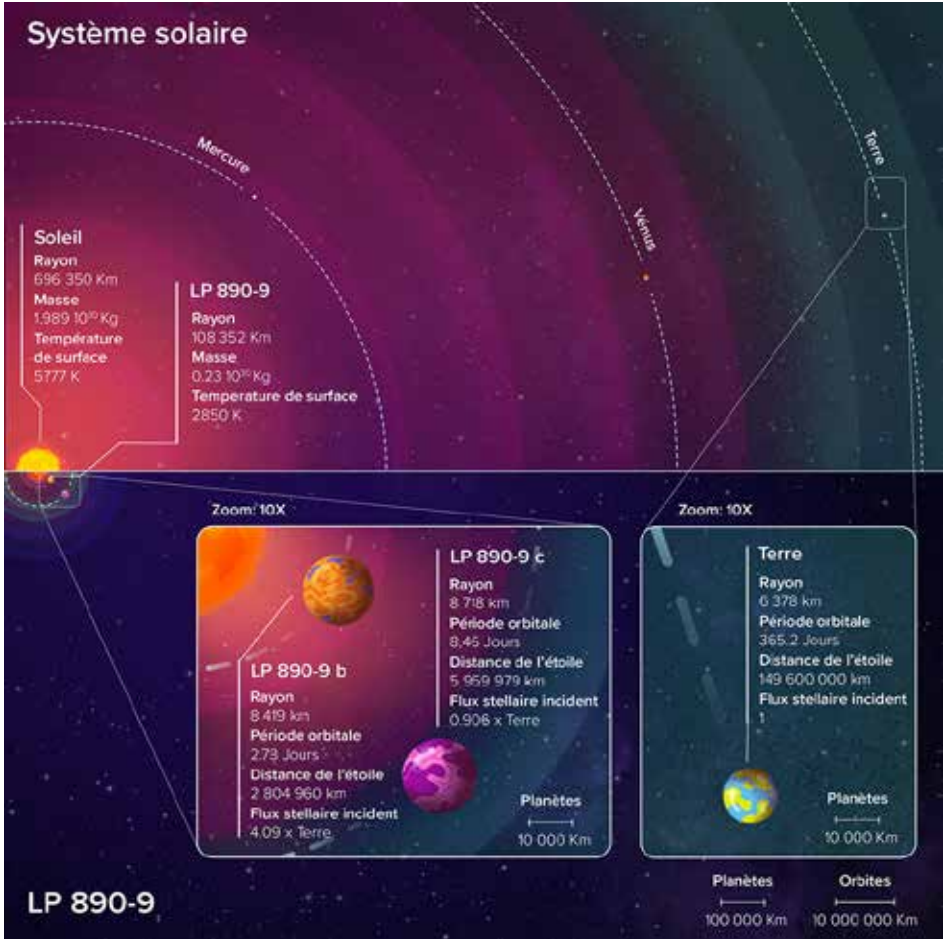
Une première planète, LP 890-9b (ou TOI-4306b), la plus interne du système avait été initialement identifiée par la mission spatiale TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) de la NASA, dédiée à la recherche d'exoplanètes en orbite autour d'étoiles proches. Cette planète, qui a une taille environ 30% supérieure à la Terre, complète une orbite autour de l'étoile en seulement 2,7 jours. Les chercheurs de l'ULiège ont utilisé leurs télescopes terrestres SPECULOOS (Search for habitable Planets Eclipsing ULtra-cOOl Stars)

*Les télescopes de l'observatoire SPECULOOS-Sud contemplant le magnifique ciel nocturne du désert de l'Atacama, au Chili. (ESO/P. Horálek)*

pour confirmer et caractériser cette planète, et aussi sonder le système en profondeur à la recherche d'autres planètes qui auraient pu être « manquées » par TESS.

TESS recherche des exoplanètes par la méthode des transits, en surveillant la luminosité de milliers d'étoiles simultanément, à l'affût de petites baisses de flux lumineux qui pourraient être causées par le passage de planètes devant leurs étoiles. Cependant, un suivi avec des télescopes au sol est souvent nécessaire pour confirmer le caractère planétaire des candidates détectées et affiner les mesures de leurs tailles et de leurs propriétés orbitales. Ce suivi est particulièrement important dans le cas d'étoiles très froides, telles que LP 890-9, qui émettent leur lumière principalement dans le proche infrarouge et pour lesquelles TESS n'a qu'une sensibilité assez limitée.

À l'inverse, les télescopes du consortium SPECULOOS, dirigés par l'ULiège et installés à l'Observatoire Européen Austral (ESO) de



Paranal au Chili (SPECULOOS sud) et à l'Observatoire du Teide à Ténérife (SPECULOOS nord), sont optimisés pour mesurer ce type d'étoiles avec une grande précision, grâce à des caméras très sensibles dans le proche infrarouge. « Le but de SPECULOOS est de rechercher des planètes terrestres potentiellement habitables en transit autour des étoiles les plus petites et froides du voisinage solaire, comme le système planétaire TRAPPIST-1, que nous avons découvert en 2016 grâce à un projet pilote avec notre télescope TRAPPIST-Sud », rappelle Michaël Gillon, Maître de recherches FNRS, co-directeur de l'unité de recherches Astrobiology de l'ULiège et investisseur principal du projet SPECULOOS. « Cette stratégie

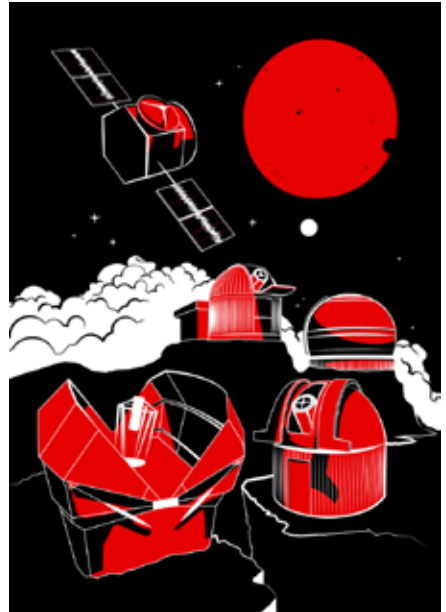
*Comparaison entre le système LP 890-9 et le Système solaire interne. Le système LP 890-9 est beaucoup plus compact : ses deux planètes pourraient facilement s'insérer dans l'orbite de Mercure, la planète la plus intérieure de notre Système solaire.*  
(Adeline Deward / RISE-Illustration)

est motivée par le fait que de telles planètes se prêtent particulièrement bien à des études approfondies de leurs atmosphères et à la recherche de possibles traces chimiques de vie avec de grands observatoires, tels que le JWST ».

Les observations de LP 890-9 obtenues par SPECULOOS se sont révélées fructueuses puisqu'elles ont non seulement aidé à confirmer la première planète, mais ont aussi permis d'en découvrir une seconde. Celle-ci, LP 890-9c (renommée SPECULOOS-2c par les chercheurs de l'ULiège), a une taille semblable à la première (environ 40% supérieure à la Terre) mais présente une période orbitale plus longue, d'environ 8,5 jours. Cette période orbitale, confirmée par la suite avec l'instrument MuSCAT3 à Hawaii, place la planète dans la zone dite habitable autour de l'étoile. Bien que cette planète soit très proche de son étoile, à une distance environ 10 fois inférieure à celle de Mercure autour du Soleil, la quantité de rayonnement stellaire qu'elle reçoit reste faible et pourrait permettre la présence d'eau liquide à la surface de la planète, pour autant qu'elle ait une atmosphère suffisante. En effet, l'étoile LP 890-9 est environ 6,5 fois plus petite que le Soleil et a une température de surface deux fois moins élevée que lui.

L'équipe de chercheurs va ensuite étudier l'atmosphère de cette planète, notamment avec le JWST, pour lequel LP 890-9c serait la deuxième cible la plus favorable parmi les planètes terrestres potentiellement habitables que l'on connaît actuellement, surpassée seulement par les planètes TRAPPIST-1. Cette comparaison ne tient cependant pas compte du fait que LP 890-9c est située à proximité de la limite intérieure de la zone habitable et pourrait par conséquent avoir une atmosphère particulièrement riche en vapeur d'eau, ce qui stimulerait alors ses signaux atmosphériques. De plus, les modèles diffèrent souvent quant à la position exacte de cette limite interne de la zone habitable en fonction des caractéristiques de l'étoile. La découverte de LP 890-9c offre donc une opportunité unique de pouvoir mieux comprendre et contraindre les conditions d'habitabilité autour des étoiles les plus petites et froides de notre voisinage solaire.

SPECULOOS est un projet dirigé par l'Université de Liège (investigateur principal : Michaël Gillon) en partenariat avec l'Université de Cambridge, l'Université de Birmingham, le Massachusetts Institute of Technology (MIT), l'Université de Berne, l'Institut d'Astrophysique des Canaries, et l'Observatoire Européen Austral (ESO). SPECULOOS se base sur un réseau de télescopes robotiques distribués sur deux observatoires principaux, SPECULOOS-Sud à l'Observatoire Paranal de l'ESO au Chili (4 télescopes) et SPECULOOS-Nord à Tenerife (actuellement 1 télescope), complétés par les télescopes SAINT-EX (1 télescope au Mexique), et TRAPPIST (2 télescopes, 1 au Chili, 1 au Maroc).



*Vue d'artiste montrant l'étoile rouge et ses deux planètes, ainsi que certains télescopes utilisés pour la découverte.*  
©Université de Birmingham/Amanda J. Smith.

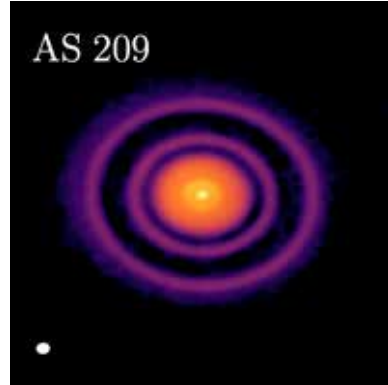
## Disque circumplanétaire

*Basé sur un communiqué NRAO*

Le réseau millimétrique/submillimétrique ALMA a permis la première détection de gaz dans un disque circumplanétaire. Les observations suggèrent également la présence d'une exoplanète très jeune.

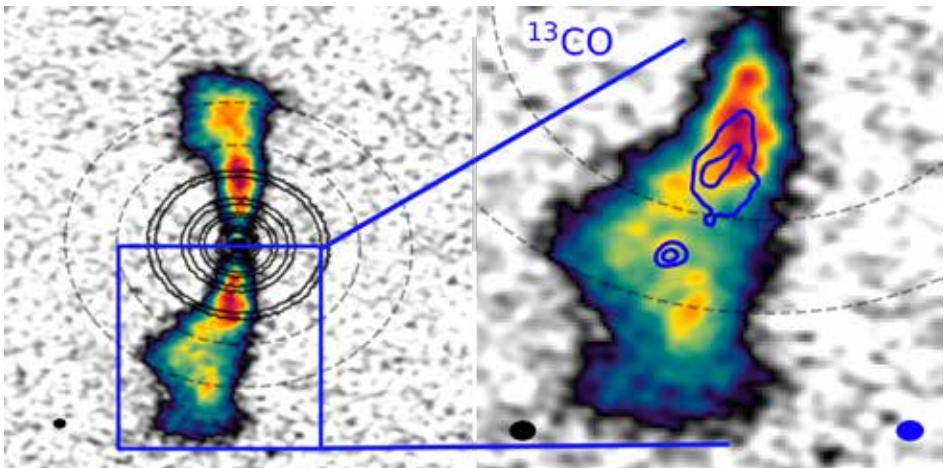
Les disques circumplanétaires, faits de gaz, de poussière et de débris, donnent naissance à des lunes et d'autres petits objets rocheux, et contrôlent la croissance des jeunes planètes géantes. L'étude de ces disques dans leurs premiers stades peut aider à faire la lumière sur la formation du Système solaire, y compris celle des lunes galiléennes de Jupiter issues probablement d'un tel disque il y a 4,5 milliards d'années.

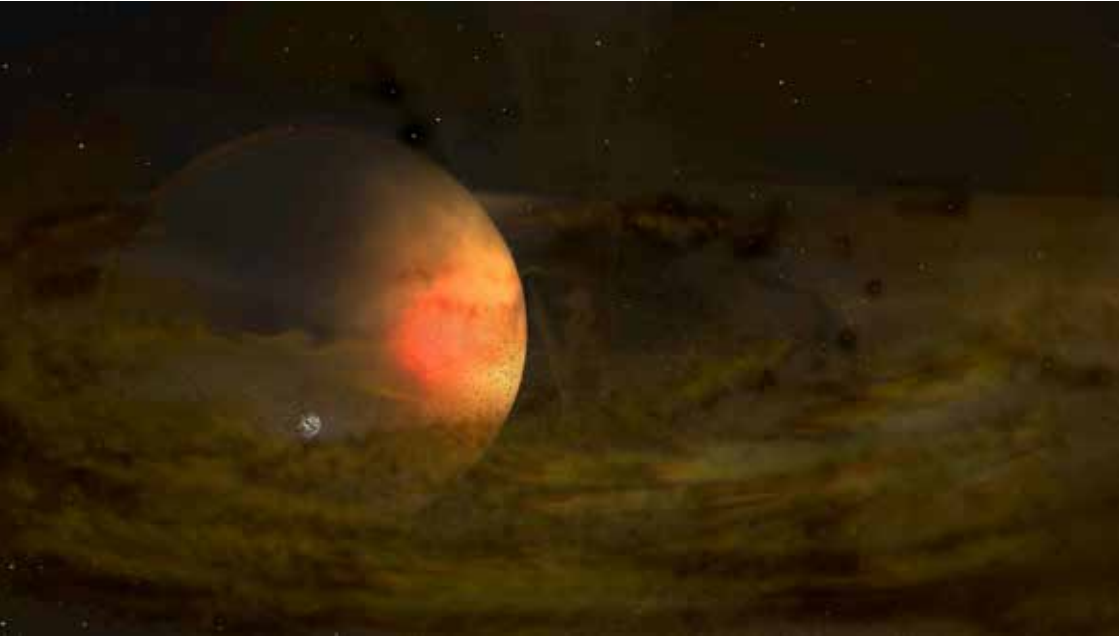
Les scientifiques soupçonnent depuis longtemps la présence de disques circumplanétaires autour des exoplanètes, mais ils ont longtemps été incapables de le prouver. En 2019, ALMA a détecté pour la première fois un disque circumplanétaire formant une lune en observant la jeune exoplanète PDS 70c, et ont confirmé cette découverte en 2021. Des disques ont été proposés autour de quelques exoplanètes, Cha 110913-773444, 2M1207b, J1407b, HD 100546 b, GSC 06214-00210 b, DH Tauri b, mais très rares sont les confirmations. AS 209 est l'une d'entre elles.



*Le système AS 209 vu par ALMA. (ALMA/ESO, NAOJ, NRAO; A. Sierra / U. Chile)*

*Le système stellaire AS 209 pourrait abriter une très jeune planète de la taille de Jupiter. Les images scientifiques de la recherche montrent (à droite) des émissions lumineuses provenant d'espaces vides dans le disque à sept anneaux hautement structurés (à gauche). (ALMA/ESO, NAOJ, NRAO; J. Bae / U. Florida)*





*Vue d'artiste du disque circumplanétaire découvert en 2021 autour d'une exoplanète jeune, PDS 70c.*

*(ALMA / ESO, NAOJ, NRAO ; S. Dagnello / NRAO, AUI, NSF)*

Les nouvelles observations de gaz dans le disque circumplanétaire d'AS 209 pourraient apporter un éclairage supplémentaire sur le développement des atmosphères planétaires et les processus de formation des lunes. Les observations antérieures infrarouges ou millimétriques ne concernaient que des poussières.

L'étoile jeune AS209, située à environ 395 années-lumière dans la constellation d'Ophiuchus, intéresse depuis plus de cinq ans les scientifiques en raison de la présence de sept anneaux imbriqués, que les scientifiques pensent être associés à la formation de planètes en cours. Les nouveaux résultats fournissent des preuves supplémentaires de la formation de planètes autour de la jeune étoile.

Les scientifiques ont observé une tache de lumière émise au milieu d'un espace vide dans le gaz entourant l'étoile. Cela a conduit à la détection du disque circumplanétaire entourant une planète potentielle de la taille de Jupiter. Les scientifiques surveillent de près ce système, à la fois en raison de la distance qui sépare la planète de son étoile et de l'âge de cette dernière. L'exoplanète est située à plus de 200 unités astronomiques, soit 29,92 milliards de kilomètres, de l'étoile hôte, ce qui remet en question les théories actuellement acceptées sur la formation des planètes. Et si l'âge de l'étoile hôte, estimé à seulement 1,6 million d'années, se vérifie, cette exoplanète pourrait être l'une des plus jeunes jamais détectées. Des études plus approfondies sont nécessaires, et les scientifiques espèrent que les observations à venir avec le télescope spatial James Webb confirmeront la présence de la planète.

## Du dioxyde de carbone dans l'atmosphère de WASP-39 b

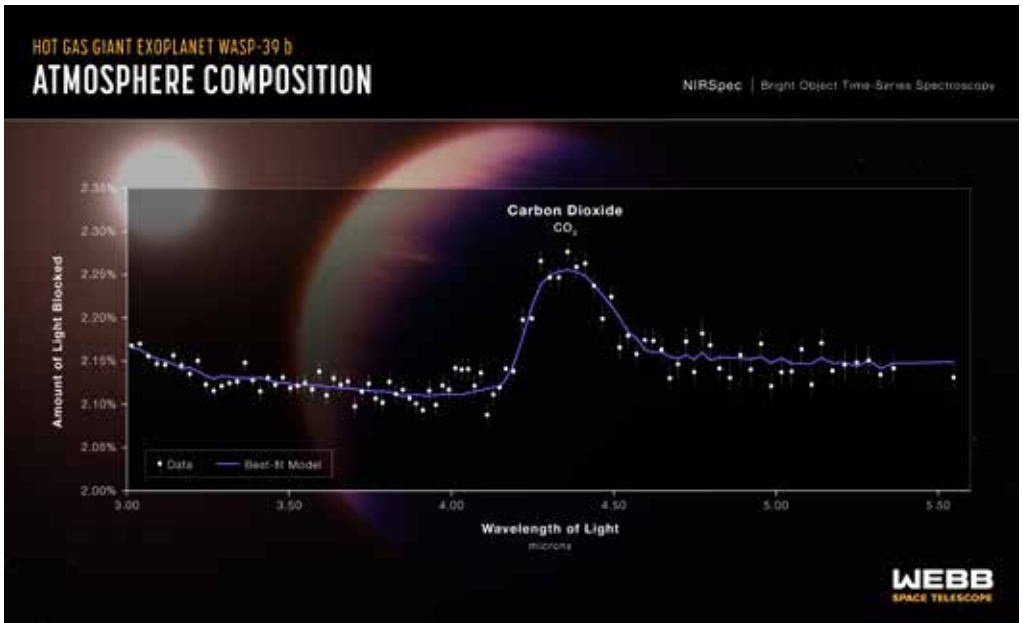
Basé sur un communiqué NASA

Le télescope spatial James Webb de la NASA a capturé la première preuve évidente de la présence de dioxyde de carbone dans l'atmosphère d'une planète située en dehors du Système solaire. Cette observation d'une planète géante gazeuse en orbite autour d'une étoile semblable au Soleil, située à 700 années-lumière, fournit des informations importantes sur la composition et la formation de la planète. Cette découverte montre qu'à l'avenir, Webb pourrait être en mesure de détecter et de mesurer le dioxyde de carbone dans les atmosphères plus ténues de petites planètes rocheuses.

WASP-39 b est une géante gazeuse chaude dont la masse représente environ un quart de celle de Jupiter (à peu près la même que Saturne) et dont le diamètre est 1,3 fois supérieur à celui de Jupiter. Sa bouffissure extrême est liée en partie à sa température élevée

(environ 900 degrés Celsius). Contrairement aux géantes gazeuses plus froides et plus compactes du Système solaire, WASP-39 b reste très près de son étoile – à peine un huitième de la distance entre le Soleil et Mercure – et effectue une révolution en un peu plus de quatre jours. La découverte de la planète, signalée en 2011, a été faite sur la base de transits observés depuis le sol.

*Le spectre de transmission de la planète géante WASP-39 b capturé par le spectrographe NIRSpec de Webb le 10 juillet 2022, montre un pic révélateur de la présence de dioxyde de carbone. La ligne bleue est un modèle. C'est la première preuve irréfutable de cette présence sur une planète en dehors du Système solaire. Il s'agit également du premier spectre de transmission détaillé d'une exoplanète jamais capturé qui couvre les longueurs d'onde entre 3 et 5,5 microns. (NASA, ESA, CSA et L. Hustak / STScI; The JWST Transiting Exoplanet Community Early Release Science Team)*





Des observations antérieures effectuées par d'autres télescopes spatiaux, notamment Hubble et Spitzer, ont révélé la présence de vapeur d'eau, de sodium et de potassium dans l'atmosphère de la planète. La sensibilité infra-rouge inégalée de Webb a maintenant confirmé la présence de dioxyde de carbone sur cette planète également.

Les planètes en transit comme WASP-39 b, dont nous observons l'orbite de profil, peuvent offrir aux chercheurs des opportunités idéales pour sonder les atmosphères planétaires.

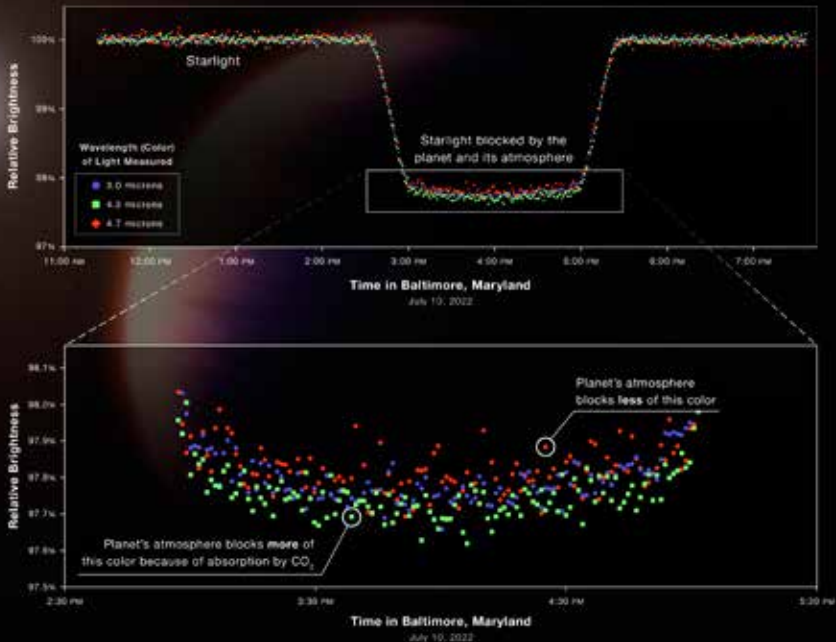
Lors d'un transit, une partie de la lumière des étoiles est complètement éclip­sée par la planète (ce qui provoque l'assombrissement général) et une autre partie est transmise à travers l'atmosphère de la planète.

*Courbes de lumière en trois longueurs d'onde montrant le transit de la planète devant l'étoile WASP-39 le 10 juillet 2022.*

*(NASA, ESA, CSA et L. Hustak / STScI; The JWST Transiting Exoplanet Community Early Release Science Team)*

HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-39 b  
TRANSIT LIGHT CURVE

NIRSpec | Bright Object Time-Series Spectroscopy



Comme les différents gaz ont des spectres d'absorption distincts, les chercheurs peuvent analyser les petites différences dans les courbes de lumière des transits observés à diverses longueurs d'onde pour déterminer exactement de quoi est faite une atmosphère. Avec son atmosphère enflée et des transits fréquents, WASP-39 b est une cible idéale pour la spectroscopie de transmission.

L'équipe de recherche a utilisé le spectrographe NIRSpec (Near-Infrared Spectrograph) pour ses observations de WASP-39b. Dans le spectre de l'atmosphère de l'exoplanète qui en résulte, un pic entre 4,1 et 4,6 microns présente la première preuve claire et détaillée de dioxyde de carbone jamais détectée sur une planète en dehors du Système solaire.

Aucun observatoire n'a jamais mesuré auparavant des différences de luminosité aussi subtiles pour autant de couleurs individuelles dans la plage de 3 à 5,5 microns du spectre de transmission d'une exoplanète. L'accès à cette partie du spectre est crucial pour mesurer les abondances de gaz comme l'eau et le méthane, ainsi que le dioxyde de carbone, que l'on pense exister dans de nombreux types d'exoplanètes.

La compréhension de la composition de l'atmosphère d'une planète est importante car elle nous renseigne sur l'origine de la planète et son évolution. Les molécules de dioxyde de carbone sont des traceurs sensibles de l'histoire de la formation des planètes. En mesurant cette caractéristique du dioxyde de carbone, on peut déterminer la part de matière solide et la part de matière gazeuse qui ont été utilisées pour former cette planète. Au cours de la prochaine décennie, le JWST effectuera cette mesure pour une variété de planètes, ce qui permettra de mieux comprendre les détails de la formation des planètes.

*Vue d'artiste du système WASP-39. La planète est une géante gazeuse chaude, enflée, d'une masse de 0,28 fois celle de Jupiter (0,94 fois celle de Saturne) et d'un diamètre 1,3 fois supérieur à celui de Jupiter, orbitant à seulement 0,05 unité astronomique (7,5 millions de kilomètres) de l'étoile. Celle-ci, WASP-39, est plus petite et moins massive que le Soleil. Parce qu'elle est si proche de son étoile, WASP-39 b est très chaude et est probablement verrouillée gravitationnellement, avec un côté faisant face à l'étoile.  
(NASA, ESA, CSA et J. Olmsted / STScI)*

