LE MAGAZINE MULTIMÉDIA GRATUIT QUI VOUS TIENT AU COURANT DE L'ACTUALITÉ SPATIALE

MACROCosmos

bimestriel d'information scientifique et technique ✶ Mars-Avril 2022

Le télescope spatial Webb est prêt à nous étonner

Le cadran solaire, de l'antiquité au tracé par ordinateur

Qu'est-ce qu'il passe lorsque deux étoiles partagent une atmosphère ?

- Un trou noir dans un amas en dehors de notre galaxie a été découvert
- La première explosion de supernova d'une étoile Wolf-Rayet
- Le VLT photographie une planète autour de la paire d'étoiles la plus massive
- Mini-jet découvert près de Sagittarius A*
- Une sous-Terre ultra légère et ultra rapide a été découverte

Proxima b, une planète vraiment insaisissable

www.astropublishing.com ✶ www.facebook.com/astropublishing ✶ info@astropublishing.com

Artificial Intelligence for Science and Operations in Astronomy

https://www.eso.org/sci/meetings/2022/SCIOPS2022.html

An ESA/ESO Workshop
Working together in support of science

SCIOPS 2022

16 – 20 May 2022
ESO, Garching, Germany

Program Organising Committee
Christophe Arviset (ESA, ESAC, co-chair)
Michael Sterzik (ESO, Garching, co-chair)
Henri Boffin (ESO, Garching)
Rune Floberghagen (ESA, ESAC)
Emille Ishida (CNRS/LSST)
Michelle Ntampaka (STScI)
Andreas Kaufer (ESO, Paranal)

Local Organising Committee
Pascal Ballester
Henri Boffin
Matheus Brito
Sebastian Egner
Steffen Mieske
Martino Romaniello
Christian Stephan
Michael Sterzik
Felix Stoehr

MACRO COSMOS

MAGAZINE BIMESTRIEL
D'INFORMATION SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE, DISTRIBUÉ
GRATUITEMENT PAR INTERNET

Mars-Avril 2022

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

4 *Le télescope spatial Webb est prêt à nous étonner*

12 *Qu'est-ce qu'il passe lorsque deux étoiles partagent une atmosphère ?*

16 *Un trou noir dans un amas en dehors de notre galaxie a été découvert*

20 *Proxima b, une planète vraiment insaisissable*

34 *La première explosion de supernova d'une étoile Wolf-Rayet*

36 *Le VLT photographie une planète autour de la paire d'étoiles la plus massivee*

38 *Mini-jet découvert près de Sagittarius A**

42 *Le cadran solaire, de l'antiquité au tracé par ordinateur*

50 *Une sous-Terre ultra légère et ultra rapide a été découverte*

52 *La paire de trous noirs supermassifs la plus proche de la Terre*

54 *Gemini attrape un papillon avec une seule ail*

Le télescope spatial Webb est prêt à nous étonner

par Damian G. Allis
NASA Solar System Ambassador
traduit par Michele Ferrara
revisé par Frédéric Thienpont

« *Cela doit fonctionner* » a été la déclaration d'ouverture d'un article de 2010 dans Nature intitulé de manière inquiétante « *Le télescope qui a mangé l'astronomie* ». Un télescope qui, lors de son lancement le 25 décembre dernier, dépassait de près de 20 fois le budget initial. 15 ans de retard et sujet à plusieurs reprogrammations du lancement. Une refonte majeure en 2005. Une décision d'annuler complètement le projet par l'U.S. House of Representatives en 2011. Dommages découverts sur son délicat écran solaire lors d'inspections et d'un déploiement test en 2018. Inquiétudes concernant des vibrations excessives lors des récents lancements de fusées Ariane 5 qui ont risqué un nouveau retard de lancement ou une libération pas optimale dans l'espace. Enfin, un "problème de communication entre l'observatoire et le système du lanceur", signalé par la NASA quelques jours seulement avant son dernier lancement programmé.

Vue d'artiste du télescope spatial James Webb. [Adriana Manrique Gutierrez, NASA Animator]

Mais, en voilà assez de parler de son temps ici sur Terre, avec les dépassements de coûts, les critiques et les controverses entourant le développement, la fabrication, les tests, la dénomination et le lancement qui ont caractérisé ses 25 ans d'histoire. Finalement, la NASA et ses collaborateurs (l'Agence spatiale européenne, l'Agence spatiale canadienne et plusieurs organisations universitaires et industrielles) ont lancé avec succès ce qui est sans doute le télescope le plus important jamais déployé dans l'histoire des sciences spatiales. Le télescope spatial James Webb (JWST) a été livré, ouvert et déployé, et est maintenant dans une orbite de halo autour du point Soleil-Terre L2 (selon Lagrange), à une distance d'environ 1 500 000 km de la Terre. Il est en train de refroidir avant l'étalonnage, alors il y aura des ajustements minimes aux 18 segments hexagonaux du miroir, pour s'assurer que la désormais célèbre structure en nid d'abeille agit comme un miroir unique. Ces ajustements sont effectués par des actionneurs capables de se déplacer jusqu'à 10 nanomètres : 1/10 000 de la largeur d'un cheveu humain et une fraction des longueurs d'onde de la lumière que Webb a été conçu pour détecter. Le processus d'alignement prendra trois à cinq mois avant que le télescope ne soit officiellement prêt à commencer la collecte de données que les développeurs et les supporters attendent depuis longtemps. Si tout va bien, l'activité scientifique de Webb doit commencer cet été. Pendant ce temps, les spécialistes de la mission devront se contenter d'observer HD 84406, une étoile de sixième magnitude dans la Grande Ourse qui est utilisée pour les tests d'alignements et collectes de données.

En matière de découverte scientifique, les attentes sont grandes. Webb est capable de détecter des

Cette infographie montre comment le télescope spatial James Webb s'est déployé après son lancement. [NASA]

objets 100 fois plus faibles que ceux observés avec le télescope spatial Hubble, ce dernier étant l'un des grands succès de l'histoire de l'astronomie et, sans doute, la plus grande contribution à la vulgarisation scientifique jamais créée (regarder juste l'arrière-plan de l'écran : s'il s'agit d'une galaxie, d'un amas, d'une nébuleuse ou d'une planète, il y a de fortes chances que son JPG ou TIFF ait été obtenu à partir d'une galerie Hubble). Hubble a été conçu pour observer dans les domaines ultraviolets et visibles du spectre électromagnétique, mais avec des capacités d'observation très limitées dans l'infrarouge. L'absence d'un grand potentiel de détection infrarouge dans l'espace par les télescopes n'a été ressentie qu'après le lancement de Hubble et s'est encore accrue après le démantèlement d'instruments tels que l'observatoire spatial Herschel de l'ESA en 2013 et le télescope spatial Spitzer de la NASA fin 2020.

Cette absence d'observatoire infrarouge dans l'espace se fait sentir à toutes les échelles d'observation de l'univers. Une catégorie d'objectifs qui devrait atteindre un temps de télescope significatif avec Webb (les exoplanètes) n'a été confirmée pour la première fois qu'en 1992, deux ans après le lancement de Hubble et deux décennies après le début du développement de Hubble. En raison du décalage vers le rouge des longueurs d'onde de la lumière dû à l'expansion de l'univers, il y a également des objets dans la périphérie lointaine de l'univers observable que Hubble aurait idéalement été apte à étudier, si seulement nous pouvions le renvoyer dans le temps par des fractions non négligeables de l'âge de l'univers lui-même. Dans l'image Ultra Deep Field de Hubble, Spitzer a fourni des exemples brillants de

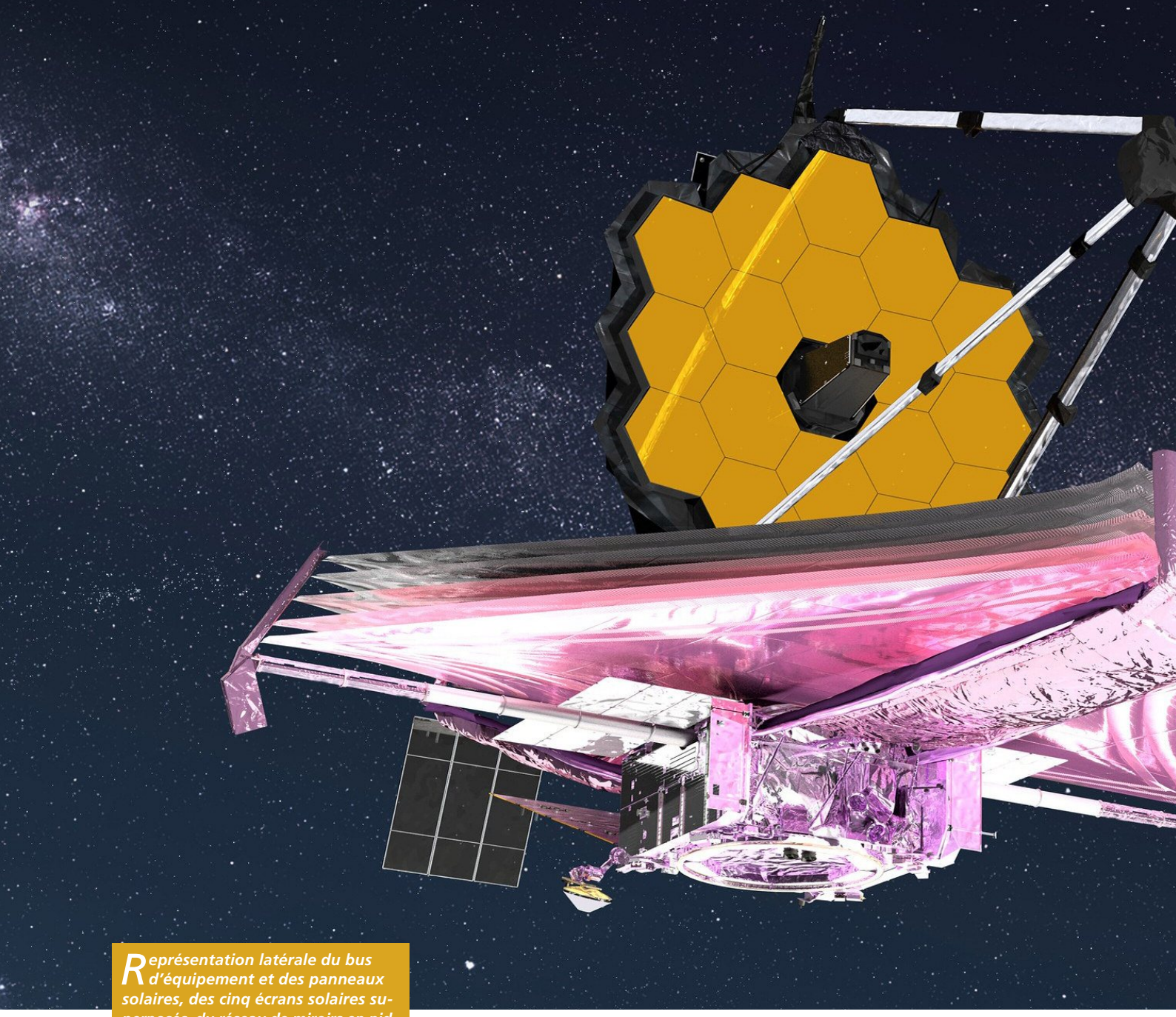
Les ingénieurs au sol ont orchestré à distance une séquence complexe de déploiements dans les heures et les jours qui ont immédiatement suivi le lancement du télescope spatial James Webb. Cette animation montre la séquence d'opérations attendue. [NASA]

Une vue artistique des miroirs, des détecteurs et des structures de support sur Webb, tous positionnés du côté opposé des écrans solaires du télescope par rapport au Soleil, qui est représenté par une lueur brillante en bas à droite. [NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez]

sources infrarouges très importantes et lointaines, qui n'existeraient tout simplement pas selon les détecteurs Hubble. Ce sont des galaxies qui ont émis de la lumière dans le spectre visible, mais dont les photons ont été étirés dans l'infrarouge : un problème que nous pouvons résoudre en sélectionnant un télescope dédié à ce rayonnement avec une longueur d'onde plus longue.

En ce qui concerne la science qui sera menée par le JWTS, une sensibilité élevée dans la région infrarouge du spectre signifie une multitude d'opportunités d'observation. Nous allons considérer les deux exemples mentionnés ci-dessus. Les lecteurs de ce magazine sont conscients de la complexité de découvrir des exoplanètes habitables et de déterminer si la détection de la vie, simple ou complexe, qui essaie de communiquer ou non, sera une activité que nos technologies actuelles permettront. Comme les naines brunes, les comètes, les objets de la ceinture de Kuiper, les disques de débris, les planètes de notre système solaire et chaque nouvel objet encore non découvert (toutes les futures cibles Webb), les exoplanètes ne brillent pas aussi sensiblement que les étoiles autour desquelles elles orbitent ou à partir desquelles elles se sont séparées. L'émission lumineuse des exoplanètes est plus forte dans l'infrarouge que dans le visible ; pour cette raison, il y a plus d'informations à obtenir et il y a plus à apprendre en collectant des données à ces longueurs d'onde plus longues. Le problème, bien sûr, est la proximité de ces planètes avec leurs étoiles, ce qui rend presque impossible l'imagerie directe de la plupart des exoplanètes. Webb combine une sensibilité accrue avec les coronographes intégrés sur ses instruments NIRCam et MIRI pour "bloquer" la lumière stellaire et visualiser directement les exoplanètes dans l'infrarouge. Une technique d'observation qui depuis la Terre est compliquée en raison des mêmes molécules qui ont rendu la vie possible : la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone dans notre atmosphère, qui absorbent les mêmes longueurs d'ondes infrarouges que nous voulons mesurer.

Si nous divisons l'histoire de l'univers en chapitres de 100 millions d'années, nous nous retrouvons au chapitre 138. Bien que nous ayons commencé à lire à rebours, pour découvrir l'intrigue du livre, quelque part vers la fin de la dernière phrase de ce chapitre en progrès, nous avons fait



Représentation latérale du bus d'équipement et des panneaux solaires, des cinq écrans solaires superposés, du réseau de miroirs en nid d'abeille et des détecteurs. [NASA GSFC/CIL/Adriana Manrique Gutierrez]

des progrès considérables dans le défilement de presque tous les chapitres, bien qu'avec beaucoup de difficulté à feuilleter le livre jusqu'à son introduction. Hubble, par exemple, ne nous a ramenés qu'au quatrième chapitre, ce qui équivaut à un redshift d'environ z = 11. Le Cosmic Background Explorer, ou COBE, nous a donné une idée de la forme de la reliure du livre grâce à sa mesure du fond diffus cosmologique. Webb nous donnera accès aux chapitres deux et trois, correspondant à un redshift de z = 20, un temps correspondant à 180 millions d'années après le Big Bang, dans lequel il est théorisé que les premières étoiles sont déjà formées, mais pas encore réunies en galaxies par la gravité. On espère que ce processus, des étoiles aux galaxies dans l'architecture du cosmos primitif, sera révélé en détail par Webb.

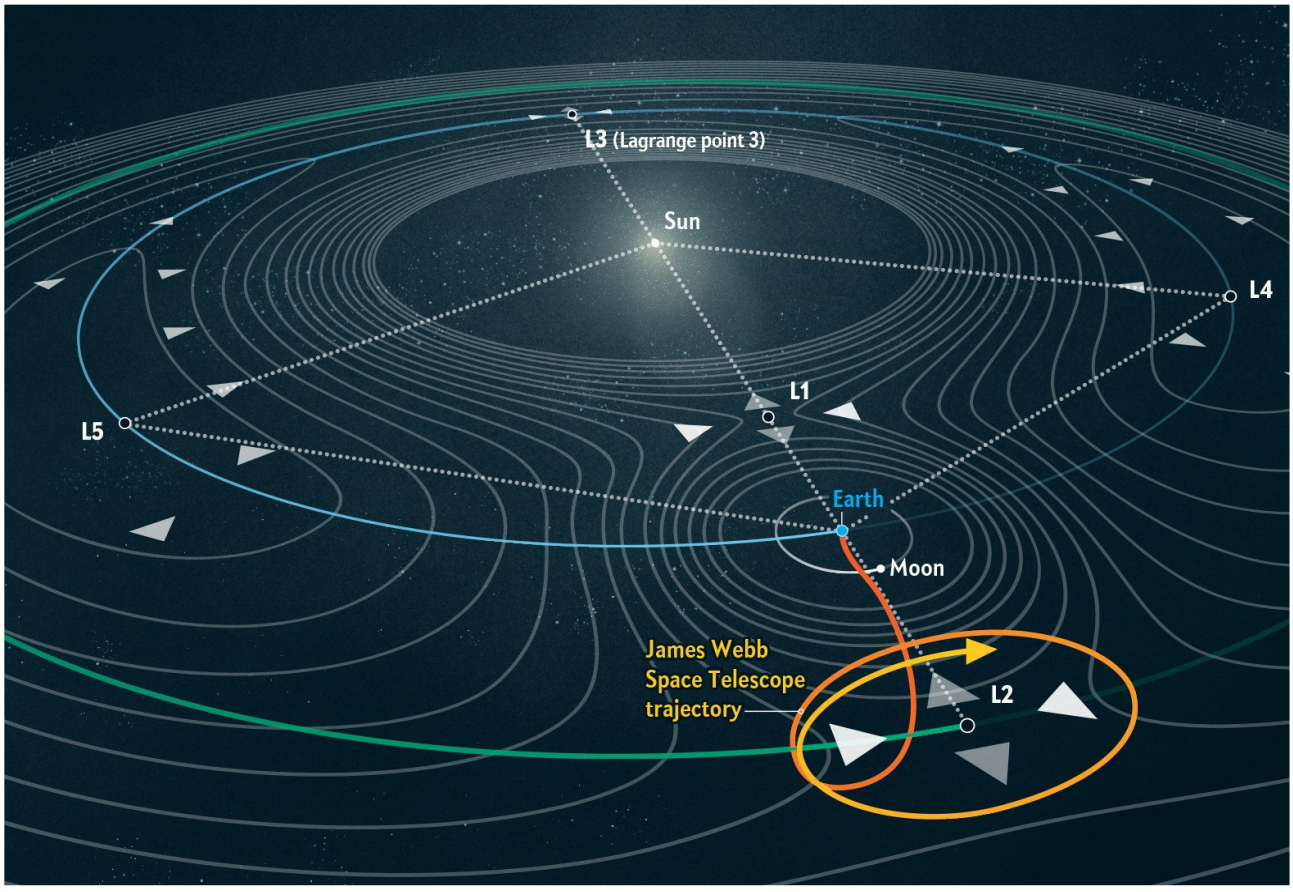
En termes de conception et de mise en œuvre, la plus grande force de Webb pour l'astronomie, la sensibilité infrarouge, est aussi son plus grand défi pour les ingénieurs. Tout comme vous n'auriez pas beaucoup de succès en essayant de mesurer le fond cosmique des microondes depuis l'intérieur d'un four à microondes en marche, ou en utilisant un télescope Dobson de 12 pouces pour observer des galaxies lointaines (et peut-être quelque chose de plus faible que Saturne) pendant la pause déjeuner, les performances d'un télescope infrarouge sont sévèrement limitées par sa proximité avec les objets célestes émetteurs d'infrarouge et la chaleur générée par ses propres composants électroniques.

La vision au sol pour l'astronomie infrarouge est médiocre dans ses meilleurs jours, car l'atmosphère terrestre est non seulement activement chauffée par le Soleil, mais est elle-même un excellent absorbeur de rayonnement infrarouge de tout

objet interne et externe. Les observatoires de haute altitude, comme l'Infrared Telescope Facility à Hawaï, et les observatoires de très haute altitude, comme le Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA), sont des solutions au problème, cependant limitées par rapport à un télescope infrarouge totalement isolé de toute source de chaleur. Dans le cas de Webb, la solution à tous les problèmes est l'emplacement, en même temps en termes d'emplacement du télescope lui-même, et de disposition de tous les équipements embarqués capables de produire suffisamment de chaleur pour activer les détecteurs.

Joseph-Louis Lagrange a identifié cinq positions (L1 ... L5) où trois corps peuvent se maintenir stables dans l'espace en orbite. Dans ces cas particuliers du fameux "problème des trois corps" en physique, les solutions fonctionnent lorsque deux des corps sont massifs alors que le troisième, en comparaison, est minuscule ; un cas qui s'applique certainement à la combinaison Soleil-Terre-JWST. En L2, JWST est sur une orbite raisonnablement stable, avec le Soleil, la Terre et la Lune tous d'un côté du télescope, ce qui signifie que l'écran solaire peut protéger les détecteurs embarqués de la chaleur émise ou réfléchie

La trajectoire suivie par le télescope spatial James Webb pour atteindre son positionnement particulier autour du point de Lagrange L2. Les distances ne sont pas à l'échelle. [Matthew Twombly]

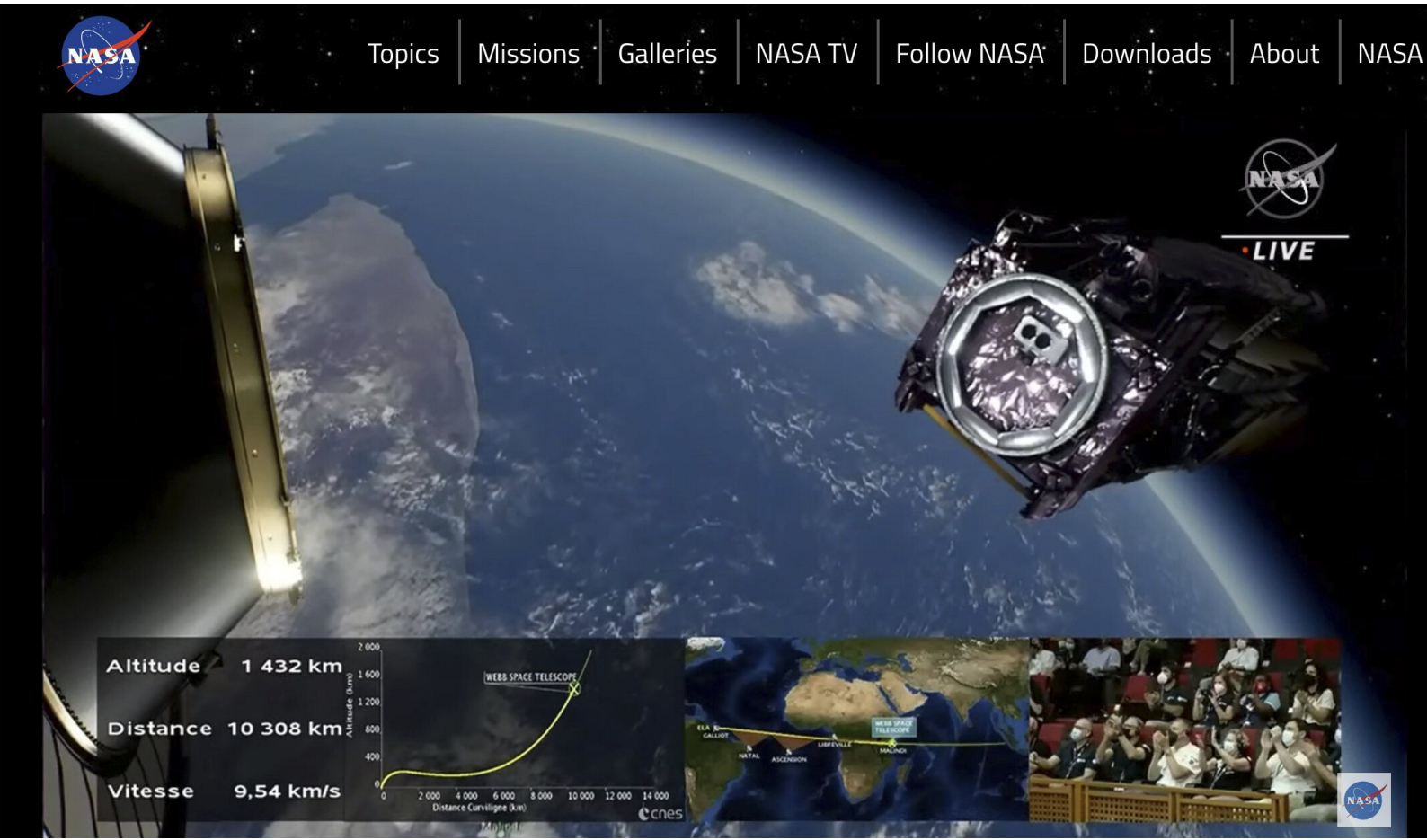


par tous et trois corps célestes. Dans les quatre autres points de Lagrange, Webb serait directement entre le Soleil et la Terre (et exposé aux deux corps), précédant ou suivant la Terre sur son orbite, ou complètement de l'autre côté du Soleil. Dans la disposition L2, et avec son écran solaire massif en place et orienté en arrière vers le Soleil, les limites de sensibilité du télescope sont déterminées par d'autres sources célestes proches, parmi lesquelles une source faible telle que la lumière zodiacale est un limiteur principal. Son placement en L2 signifie également que la gravité seule fera le travail de déplacer l'instrument pour étudier l'univers et seuls des ajustements relativement petits avec les propulseurs embarqués seront nécessaires pour maintenir l'orbite du halo de Webb. Malgré l'énorme écran solaire interposé entre les miroirs et nous, observateurs, la géométrie de Webb lui permet toujours d'observer n'importe quelle partie de 40 % de l'univers à tout moment.

Grâce à ce large accès, Webb peut observer n'importe quel point de l'univers infrarouge observable (à l'exception de toute position dans le rayon Soleil-JWST, bien sûr), dans les six mois nécessaires pour faire une demi-orbite autour du Soleil.

Pour résoudre le problème du rayonnement des composants internes, Webb utilise la même solution : déplacer l'ensemble du bus d'équipement sur le côté exposé au Soleil des cinq écrans solaires, laissant l'optique du télescope, les détecteurs et les structures de support presque complètement isolés du matériel qui effectue les mouvements, le traitement des données et les communications avec le NASA Deep Space Network. Avec les cinq écrans solaires et les ra-

Sur cette photo de la NASA, le télescope spatial James Webb est lancé dans l'espace le samedi 25 décembre 2021. L'instrument a volé de la Guyane française jusqu'à la côte nord-est de l'Amérique du Sud, transporté par une fusée européenne Ariane 5 dans le ciel du matin de Noël. Cet observatoire infrarouge de 10 milliards de dollars est le digne successeur de l'ancien télescope spatial Hubble. [NASA via AP]



Le télescope spatial James Webb de la NASA se sépare de sa fusée Ariane 5, avec la Terre bleu vif en arrière-plan dans cette vue capturée après son lancement le 25 décembre 2021. [NASA TV]

diateurs supplémentaires installés, les miroirs et les détecteurs peuvent tous être maintenus en dessous de 50 K (-223 °C), c'est-à-dire en dessous de la température à laquelle l'un des composants pourrait commencer à émettre de l'énergie infrarouge et à corrompre les observations.

Cette approche de l'ingénierie d'un système de refroidissement réfléchissant dans le projet est opposée à l'approche adoptée avec Spitzer, qui utilisait un refroidissement à l'hélium liquide pour garder les détecteurs au frais, une méthode qui a certainement fonctionné pour les observations IR, mais qui a également considérablement réduit la disponibilité du télescope au temps qu'il faut pour manquer d'hélium.

Le seul cryorefroidisseur à bord de Webb, une adjonction nécessaire pour que les détecteurs du Mid-InfraRed Instrument (MIRI) atteignent des conditions ultra-froides (7 K), utilise une approche de refroidissement par tube pulsé qui manque de pièces mobiles et non mobiles, ce qui signifie zéro vibration indésirable à travers le télescope et une durée de vie du cryorefroidisseur qui devrait dépasser de loin la durée de vie du télescope lui-même.

Un dernier mot sur la finalité. On a beaucoup parlé de Webb et de la façon dont il "doit fonctionner". Contrairement à Hubble, qui a grandement bénéficié de deux missions de service et de véritables astronautes pour effectuer les procédures, Webb est loin de ce que certains pourraient décrire comme un lieu de réparation accessible. Hubble reste toujours à environ 540 km de nous, un espace que l'on couvrirait sur l'autoroute pendant un long après-midi avec une seule charge pour certaines voitures électriques actuellement sur le marché. Depuis Thomas Zurbuchen (NASA Science Mission Directorate) à suivre, personne n'a jamais prétendu qu'un problème avec Webb pouvait être résolu avec une mission, avec ou sans équipage.

Néanmoins, il y a ceux qui émettent l'hypothèse d'une visite au télescope avant la fin de sa vie opérationnelle pour un ravitaillement. Fait intéressant, une recherche sur le web à cet égard vous mènera à de nombreux sites d'actualités spatiales qui traitent du ravitaillement par le biais de missions robotiques, des moyens d'approche et des dangers pour les écrans solaires, mais aucun de ces sites vous emmène vers NASA.gov.

Les inquiétudes concernant l'échec d'une entreprise aussi compliquée comme un télescope s'ouvrant dans l'espace, ignorent, bien sûr, le fait que la NASA excelle dans les missions à sens unique. À bien des égards, presque toutes les missions au-delà du système Terre-Lune sont à sens unique et, par nature, "doivent fonctionner". Bien que le JWST soit un exploit d'ingénierie moderne et compliqué, personne ne peut nier les grands succès des Voyagers, de Cassini, de diverses missions sur Mars, de New Horizons et de nombreuses autres sondes qui sont maintenant désactivées ou qui font encore activement de la grande science.

Avec son déploiement complet et aucune prévision de problèmes techniques à partir de ce jour-ci, Webb est quasiment prêt à commencer ce qui pourrait être deux décennies d'observations révolutionnaires. De grandes attentes couvrent presque toute l'histoire de l'univers lui-même, des premières étoiles aux possibles détections de conditions compatibles avec la vie dans notre propre voisinage céleste. ■

Qu'est-ce qu'il passe lorsque deux étoiles partagent une atmosphère ?

par ALMA Observatory
Nicolás Lira
revisé par Frédéric Thienpont

À l'aide du radiotélescope géant ALMA, au Chili, une équipe de scientifiques dirigée par la Chalmers University of Technology (Göteborg, Suède) a étudié 15 étoiles inhabituelles dans notre propre galaxie, la Voie Lactée, dont la plus proche est située à 5000 années-lumière de la Terre. Leurs mesures montrent que toutes les étoiles sont doubles et que toutes ont vécu récemment une phase rare, peu connue mais susceptible d'entraîner de nombreux autres phénomènes astronomiques. Les résultats de l'étude sont publiés dans la revue scientifique *Nature Astronomy*. En dirigeant ALMA vers ces étoiles et en mesurant la lumière de plusieurs molécules à proximité de chaque étoile, les chercheurs espéraient trouver des indices sur leur histoire récente. Surnommées "fontaines d'eau", ces étoiles étaient connues des astronomes en raison de la lumière intense provenant des molécules d'eau et produite par le gaz exceptionnellement dense et se déplaçant rapidement. Situé à 5000 m d'altitude, ALMA est sensible à la lumière avec des longueurs d'onde d'environ un millimètre, invisible à l'œil humain, mais idéale pour regarder à travers les couches de nuages interstellaires poussiéreux de la Voie Lactée, en direction des étoiles enveloppées de poussière. *« Nous étions très curieux au sujet de ces étoiles, car elles semblaient éjecter des quantités de poussière et de gaz dans l'espace, certaines sous la forme de jets avec des vitesses allant jusqu'à 1,8 millions de km/h. Nous pensions pouvoir trouver des indices sur la façon dont les jets étaient créés, mais au lieu de cela, nous en avons repéré beaucoup plus »*, a déclaré Theo Khouri, premier auteur de la nouvelle étude.

Les scientifiques ont utilisé le radiotélescope pour mesurer les signatures des molécules de monoxyde de carbone (CO) dans la lumière des étoiles et ont comparé les signaux de différents atomes (isotopes) de carbone et d'oxygène. Contrairement à sa molécule sœur, le dioxyde de carbone (CO_2), le monoxyde de carbone est relativement facile à découvrir dans l'espace et est l'un des "outils" préférés des astronomes.

« Grâce à la sensibilité exceptionnelle d'ALMA, nous avons pu détecter les signaux très faibles de différentes molécules dans le gaz éjecté par ces étoiles. Lorsque nous avons examiné de près les données, nous avons vu des détails que nous ne nous attendions pas à remarquer », a ajouté Theo Khouri.

Une paire d'étoiles au début d'une phase d'enveloppe commune. Dans cette illustration, nous voyons de très près un système binaire dans lequel deux étoiles commencent à peine à partager la même atmosphère. La plus grande étoile, une géante rouge, a fourni une énorme atmosphère "froide" qui s'emboîte à peine. La plus petite étoile orbite de plus en plus vite autour du centre de masse des étoiles, tournant sur son propre axe et interagissant de manière spectaculaire avec son nouvel environnement. L'interaction crée de puissants jets qui expulsent le gaz de ses pôles et un anneau de matière qui se déplace plus lentement à son équateur. [Danielle Futselaar, artsource.nl]

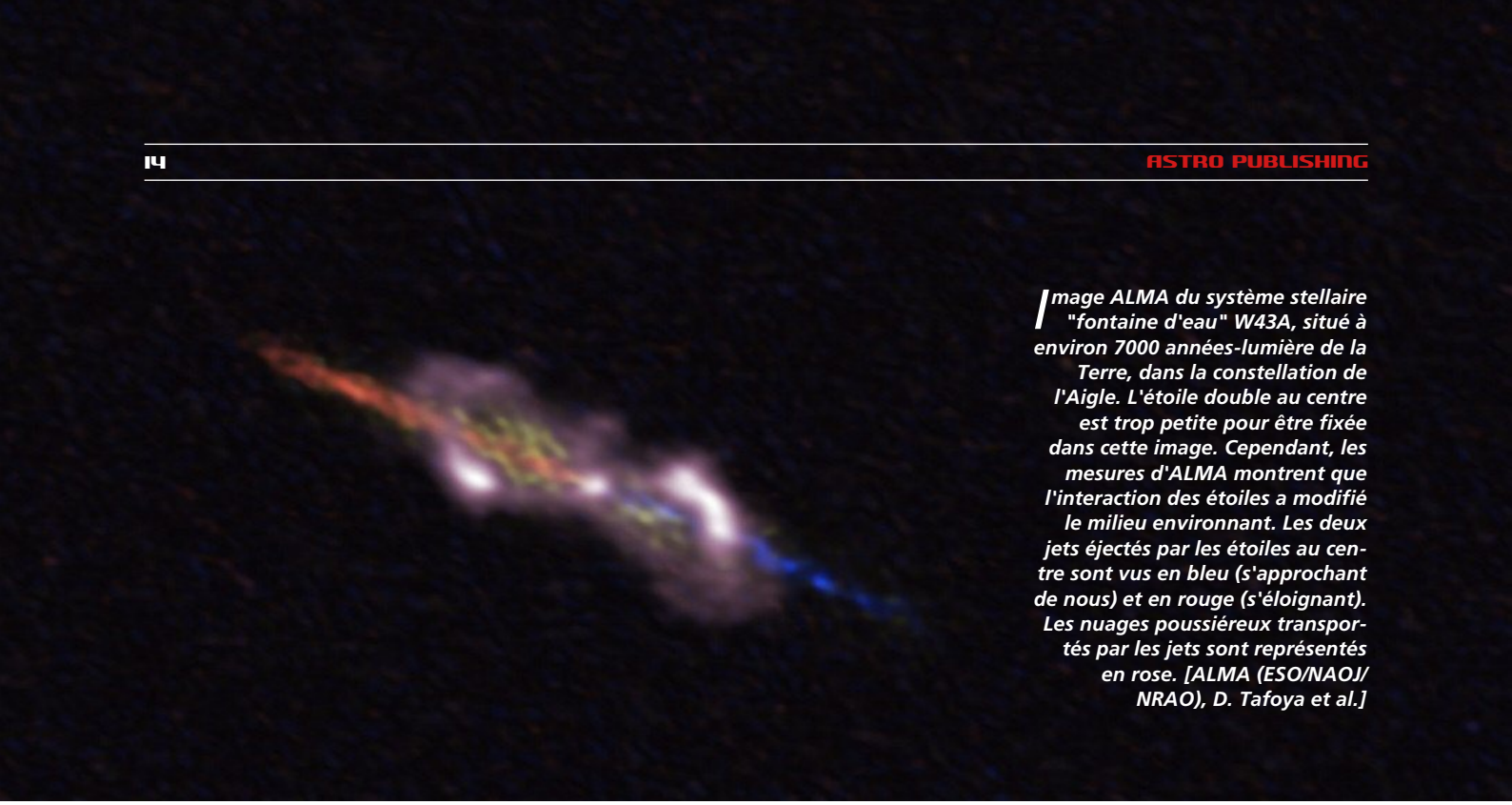


Image ALMA du système stellaire "fontaine d'eau" W43A, situé à environ 7000 années-lumière de la Terre, dans la constellation de l'Aigle. L'étoile double au centre est trop petite pour être fixée dans cette image. Cependant, les mesures d'ALMA montrent que l'interaction des étoiles a modifié le milieu environnant. Les deux jets éjectés par les étoiles au centre sont vus en bleu (s'approchant de nous) et en rouge (s'éloignant). Les nuages poussiéreux transportés par les jets sont représentés en rose. [ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), D. Tafoya et al.]

Les observations ont confirmé que les étoiles soufflaient toutes leurs couches externes. Mais, les proportions des différents atomes d'oxygène dans les molécules indiquaient que les étoiles à un autre égard n'étaient pas aussi extrêmes qu'elles le paraissaient, a expliqué Wouter Vlemmings, membre de l'équipe et astronome de Chalmers. « *Nous nous sommes rendu compte que ces étoiles commençaient leur vie avec la même masse que le Soleil ou quelques fois plus. Maintenant, nos mesures montrent qu'elles ont éjecté jusqu'à 50 % de leur masse totale au cours des cent dernières années. Quelque chose de très énergique a dû se produire* », a-t-il déclaré.

Pourquoi de si petites étoiles ont-elles perdu autant de masse si rapidement ? Toutes les preuves pointaient vers une seule explication, ont conclu les scientifiques : elles étaient toutes des étoiles doubles et toutes venaient de traverser une phase où les composants partageaient la même atmosphère, une étoile entièrement embrassée par l'autre.

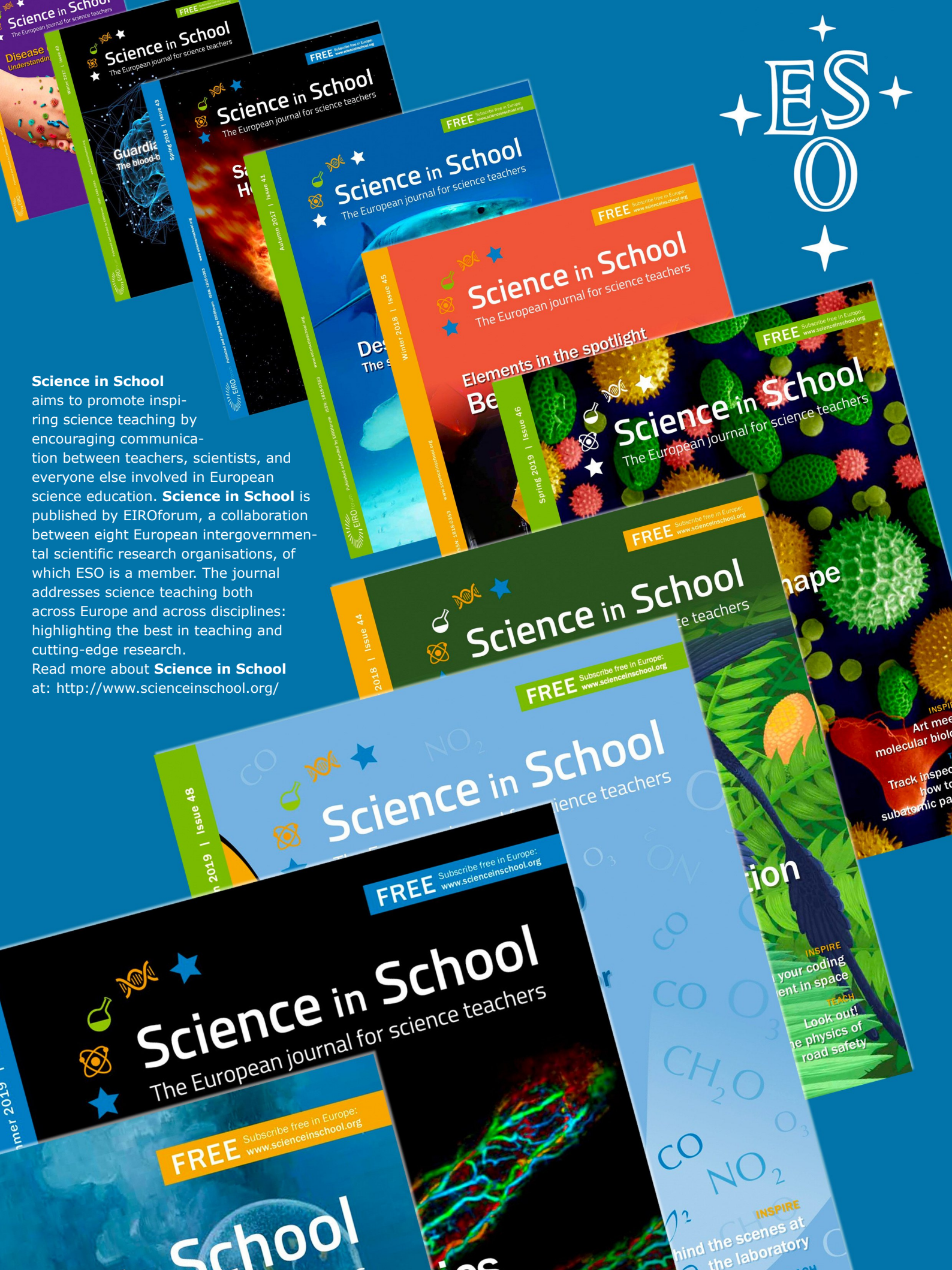
« *Dans cette phase, les deux étoiles orbitent ensemble dans une sorte de cocon. Cette phase, que nous appelons 'enveloppe commune', est très courte et ne dure que quelques centaines d'années. En termes astronomiques, cela se termine en un clin d'œil* », a commenté Daniel Tafoya, membre de l'équipe.

La plupart des étoiles des systèmes binaires orbitent simplement autour d'un centre de masse commun.

Ces étoiles partagent cependant la même atmosphère, une expérience qui peut changer la vie d'une étoile et peut même faire fusionner complètement les deux. Les scientifiques pensent que ce type d'événement peut produire certains des phénomènes les plus spectaculaires du ciel. Comprendre comment cela se produit pourrait aider à répondre à certaines des questions les plus importantes que les astronomes se posent sur la façon dont les étoiles vivent et meurent, a expliqué Theo Khouri. « *Qu'est-ce qui fait exploser une supernova ? Comment les trous noirs se rapprochent-ils suffisamment pour entrer en collision ? Qu'est-ce qui rend les nébuleuses planétaires si belles et si symétriques ? Les astronomes soupçonnent depuis de nombreuses années que les enveloppes communes font partie des réponses à des questions comme celles-ci. Nous avons maintenant une nouvelle manière d'étudier cette phase importante, mais mystérieuse* », a-t-il ajouté.

Comprendre la phase d'enveloppe typique aidera également les scientifiques à étudier ce qui se passera dans un avenir très lointain, lorsque le Soleil deviendra lui aussi une étoile plus grande et plus froide, une géante rouge, et engloutira les planètes intérieures. « *Nos recherches nous aideront à comprendre comment cela pourrait se produire, mais cela me donne une perspective plus optimiste. Lorsque ces étoiles "s'embrassent", elles expulsent dans l'espace des poussières et des gaz qui peuvent devenir les ingrédients des futures générations d'étoiles et de planètes, et avec elles le potentiel d'une nouvelle vie* », a déclaré Daniel Tafoya. Comme les 15 étoiles semblent évoluer à l'échelle du temps humain, l'équipe prévoit de continuer à les surveiller avec ALMA et d'autres radiotélescopes. Avec les futurs instruments de l'observatoire SKA, ils espèrent étudier la façon dont les étoiles forment leurs jets et modifient leur environnement. Ils espèrent aussi en trouver d'autres, s'il y en a.

« *En fait, nous pensons que les soi-disant "fontaines d'eau" peuvent être presque tous des systèmes binaires dans toute notre galaxie. Si tel est le cas, alors ces étoiles sont la clé pour comprendre le processus le plus étrange, le plus merveilleux et le plus important que deux étoiles puissent vivre ensemble dans leur vie* », a conclu Theo Khouri. ■



Science in School aims to promote inspiring science teaching by encouraging communication between teachers, scientists, and everyone else involved in European science education. **Science in School** is published by EIROforum, a collaboration between eight European intergovernmental scientific research organisations, of which ESO is a member. The journal addresses science teaching both across Europe and across disciplines: highlighting the best in teaching and cutting-edge research.

Read more about **Science in School** at: http://www.scienceinschool.org/

Un trou noir dans un amas en dehors de notre galaxie a été découvert

par ESO - Thierry Botti

Grâce au Very Large Telescope de l'Observatoire Européen Austral (VLT de l'ESO), des astronomes ont découvert un petit trou noir à l'extérieur de la Voie Lactée en observant comment il influence le mouvement d'une étoile située dans son voisinage immédiat. C'est la première fois que cette méthode de détection est utilisée pour révéler la présence d'un trou noir en dehors de notre galaxie. Cette méthode pourrait s'avérer déterminante pour dévoiler les trous noirs cachés dans la Voie Lactée et les galaxies voisines, et contribuer à faire la lumière sur la formation et l'évolution de ces objets mystérieux.

Le trou noir récemment découvert a été repéré dans NGC 1850, un amas de milliers d'étoiles situé à environ 160 000 années-lumière dans le Grand Nuage de Magellan, une galaxie voisine de la Voie lactée.

« Un peu à la manière de Sherlock Holmes traquant une bande de criminels à partir de leurs faux pas, nous examinons chaque étoile de cet amas

Cette vue d'artiste montre un trou noir compact 11 fois plus massif que le Soleil et l'étoile de cinq masses solaires qui lui tourne autour. Les deux objets se trouvent dans NGC 1850, un amas de milliers d'étoiles situé à environ 160 000 années-lumière dans le Grand Nuage de Magellan, un voisin de la Voie Lactée. La déformation de la forme de l'étoile est due à la forte force gravitationnelle exercée par le trou noir. Non seulement la force gravitationnelle du trou noir déforme la forme de l'étoile, mais elle influence également son orbite. En observant ces effets orbitaux subtils, une équipe d'astronomes a pu déduire la présence du trou noir, ce qui en fait le premier petit trou noir en dehors de notre galaxie à être découvert de cette manière. Pour cette découverte, l'équipe a utilisé l'instrument MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) du Very Large Telescope de l'ESO au Chili. [ESO/M. Kornmesser]

Une image remarquable du Grand Nuage de Magellan, l'un de nos plus proches voisins galactiques, prise par le télescope VISTA de l'ESO. [ESO/VMC Survey]

avec une loupe dans une main, en essayant de trouver des preuves de la présence de trous noirs, mais sans les voir directement », explique Sara Saracino, de l'Institut de recherche en astrophysique de l'Université John Moores de Liverpool, au Royaume-Uni, qui a dirigé les recherches publiées dans *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. « *Celui découvert maintenant ne représente qu'un seul des criminels recherchés, mais quand on en a trouvé un, on est bien parti pour en découvrir beaucoup d'autres, dans différents amas.* » Ce premier "criminel" traqué par l'équipe s'est avéré être environ 11 fois plus massif que notre Soleil.

Cette image montre NGC 1850, un amas de milliers d'étoiles situé à environ 160 000 années-lumière dans le Grand Nuage de Magellan, un voisin de la Voie lactée. Les filaments rougeâtres qui entourent l'amas, constitués de vastes nuages d'hydrogène, seraient les restes d'explosions de supernovas. L'image est une superposition d'observations réalisées en lumière visible avec le Very Large Telescope (VLT) de l'ESO et le Hubble Space Telescope (HST) de la NASA/ESA. Le VLT a photographié le grand champ de l'image et les filaments, tandis que l'amas central a été photographié par le HST. [ESO, NASA/ESA/R. Gilmozzi/S. Casertano, J. Schmidt]

L'élément déclencheur qui a mis les astronomes sur la piste de ce trou noir est l'influence gravitationnelle qu'il exerce sur l'étoile de cinq masses solaires en orbite autour de lui.
Les astronomes ont déjà repéré de tels petits trous noirs de "masse stellaire" dans d'autres galaxies en détectant les rayons X émis lorsqu'ils avalent de la matière, ou les ondes gravitationnelles générées lorsque les trous noirs entrent en collision entre eux ou avec des étoiles à neutrons. Cependant, la plupart des trous noirs de masse stellaire ne révèlent pas leur présence par les rayons X ou les ondes gravitationnelles. « *La grande majorité d'entre eux ne peu-*

vent être dévoilés que de manière dynamique », explique Stefan Dreizler, membre de l'équipe basé à l'université de Göttingen en Allemagne. « *Lorsqu'ils forment un système avec une étoile, ils affectent son mouvement de manière subtile mais détectable, et nous pouvons alors les trouver en utilisant des instruments très perfectionnés.* »

Cette méthode dynamique utilisée par Sara Saracino et son équipe pourrait permettre aux astronomes de trouver beaucoup plus de trous noirs et contribuer à percer leurs mystères. « *Chaque détection que nous faisons sera importante pour notre compréhension future des amas stellaires et des trous noirs qu'ils contiennent* », déclare Mark Gieles, co-auteur de l'étude, de l'Université de Barcelone, en Espagne.

La détection dans NGC 1850 marque la première fois qu'un trou noir a été trouvé dans un jeune amas d'étoiles (l'amas n'a qu'environ 100 millions d'années, un clin d'œil à l'échelle astronomique). L'utilisation de leur méthode dynamique dans des amas d'étoiles similaires pourrait permettre de découvrir encore plus de jeunes trous noirs et de jeter un nouvel éclairage sur leur évolution. En les comparant avec des trous noirs plus grands et plus matures dans des amas plus anciens, les astronomes seraient en mesure de comprendre comment ces objets grandissent en se nourrissant d'étoiles ou en fusionnant avec d'autres trous noirs. En outre, l'étude des caractéristiques démographiques des trous noirs dans les amas d'étoiles améliore notre compréhension de l'origine des sources d'ondes gravitationnelles.

Pour mener à bien leur recherche, les membres de l'équipe ont utilisé les données recueillies pendant deux ans avec l'instrument MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) installé au VLT de l'ESO, situé dans le désert chilien d'Atacama. « *MUSE nous a permis d'observer des zones très encombrées, comme les régions les plus internes des amas stellaires, en analy- sant la lumière de chaque étoile à proximité. Le résultat net est une information sur des milliers d'étoiles en une seule fois, au moins 10 fois plus qu'avec n'importe quel autre instrument* », explique le co-auteur Sebastian Kamann, un expert de longue date de MUSE basé à l'Astrophysics Research Institute de Liverpool. L'équipe a ainsi pu repérer l'étoile spécifique dont le mouvement particulier signalait la présence du trou noir. Les données de l'Optical Gravitational Lensing Experiment de l'Université de Varsovie et du télescope spatial Hubble de la NASA/ESA leur ont permis de mesurer la masse du trou noir et de confirmer leurs conclusions.

L'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO au Chili, dont l'exploitation devrait commencer dans le courant de la décennie, permettra aux astronomes de trouver encore plus de trous noirs cachés. « *L'ELT va définitivement révolutionner ce domaine* », déclare Sara Saracino. « *Il nous permettra d'observer des étoiles beaucoup plus faibles dans le même champ de vision, ainsi que de rechercher des trous noirs dans des amas globulaires situés à des distances beaucoup plus grandes.* » ■

Cette animation explique la méthode utilisée par une équipe d'astronomes pour découvrir un petit trou noir en dehors de notre galaxie - le premier à être trouvé en utilisant cette technique. Ils l'ont découvert dans l'amas d'étoiles NGC 1850, dont l'image apparaît au début de l'animation. Les chercheurs ont utilisé l'instrument MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer) du Very Large Telescope de l'ESO au Chili pour analyser les spectres de milliers d'étoiles de l'amas en même temps. Les spectres (représentés dans la vidéo par des barres colorées) montrent la lumière émise par les étoiles à différentes longueurs d'onde et contiennent des informations sur leur composition chimique, leur température et leur vitesse. L'animation se concentre ensuite sur l'un des spectres, celui d'une étoile cinq fois plus massive que notre Soleil. Les lignes sombres de son spectre - dues à différents éléments chimiques - oscillent d'avant en arrière vers les couleurs bleue et rouge. Cela signifie que l'étoile se rapproche et s'éloigne périodiquement de nous. Cela a permis aux astronomes de déduire la présence du trou noir de onze masses solaires qui influence l'orbite de l'étoile par sa forte force gravitationnelle. [ESO/L. Calçada, NASA/ESA/M. Romaniello. Acknowledgement: J.C. Muñoz-Mateos]

Proxima b, une planète vraiment insaisissable

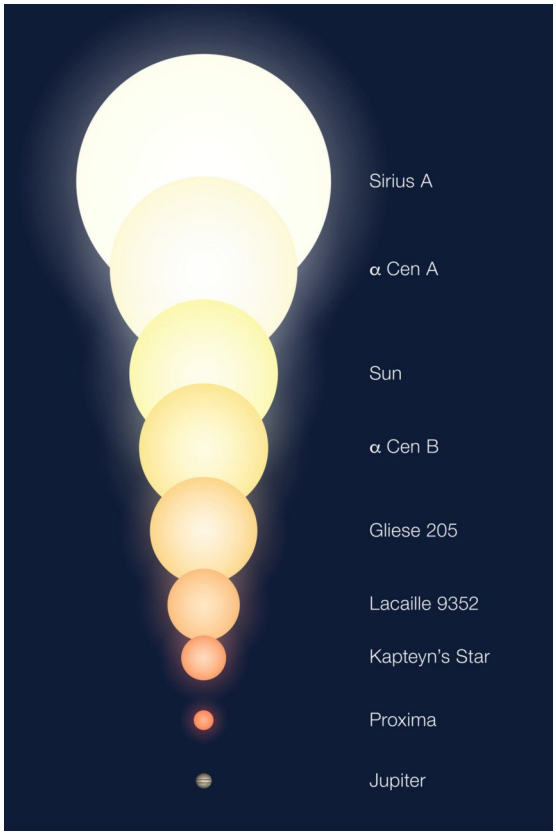
par Michele Ferrara
revisé par Roland Boninsegna

Aucun doute n'existe que l'une des étoiles les plus étudiées dans tout le ciel est Proxima Centauri, la plus proche de notre système solaire, située à une distance de "seulement" 4,24 années-lumière. On sait qu'il s'agit d'une naine rouge (classe spectrale M5.5V) avec une masse et un diamètre presque dix fois inférieurs à celui du Soleil. Malgré sa petite taille, Proxima Centauri montre une activité magnétique bien plus intense que celle de notre étoile, qui se manifeste principalement par l'émission de nombreuses éruptions en lumière blanche. Alors que dans le cas du Soleil, ce type de phénoménologie hautement énergétique se produit avec une fréquence de quelques unités par siècle, dans le cas de Proxima Centauri, il y a au moins deux éruptions de lumière blanche chaque jour, une quantité qui complique considérablement les études photométriques

Un paysage hypothétique de la planète Proxima b, dominé par la présence menaçante de son étoile, Proxima Centauri. Comme de nombreuses naines rouges, Proxima Centauri elle-même manifeste son activité magnétique sous la forme d'éruptions fréquentes, qui inondent les planètes environnantes de radiations mortelles. [NASA/ Ames Research Center/Daniel Rutter]

Cette vidéo montre un voyage hypothétique de la Terre à Proxima b, une exoplanète en orbite autour de l'étoile la plus proche du Soleil, Proxima Centauri. En quittant le système solaire, on reconnaît la constellation de la Croix du Sud (Crux) et les brillantes étoiles Alpha et Beta Centauri. Peu de temps après, une faible étoile rouge apparaît, il s'agit de Proxima Centauri, la plus petite composante d'un système stellaire triple. Finalement, nous voyons Proxima b, l'exoplanète la plus proche de la Terre. [ESO/L. Calçada/ Nick Risinger (skysurvey.org)]

et spectroscopiques de cette étoile. C'est une caractéristique que quasi toutes les naines rouges ont en commun, et pas seulement les plus jeunes, mais également celles âgées de plusieurs milliards d'années. C'est précisément le cas de Proxima Centauri qui a environ 5 milliards d'années et est donc un peu plus âgée que le Soleil. Si l'activité magnétique d'une étoile affecte fortement la stabilité de sa courbe de lumière et la position de ses raies spectrales, il va sans dire que cette étoile n'est pas une cible idéale pour la recherche d'exoplanètes, dont la présence est presque systématiquement déduite de minuscules diminutions de la lumière des étoiles lors des transits devant le disque, ou de légères oscillations des raies spectrales de l'étoile hôte. Néanmoins, découvrir une ou plusieurs planètes en orbite juste autour de l'étoile la plus proche du système solaire est un objectif premier pour les astronomes, depuis des décennies. Ce type de recherche a atteint son but en 2016, lorsque, surmontant toutes les difficultés représentées par le "bruit" produit par les éruptions, une équipe d'astronomes dirigée par Guillem Anglada-Escudé (Instituto de Ciencias del Espacio, Barcelone) a découvert la première planète de cette étoile, appelée Proxima b. La découverte a été faite en trouvant une périodicité de



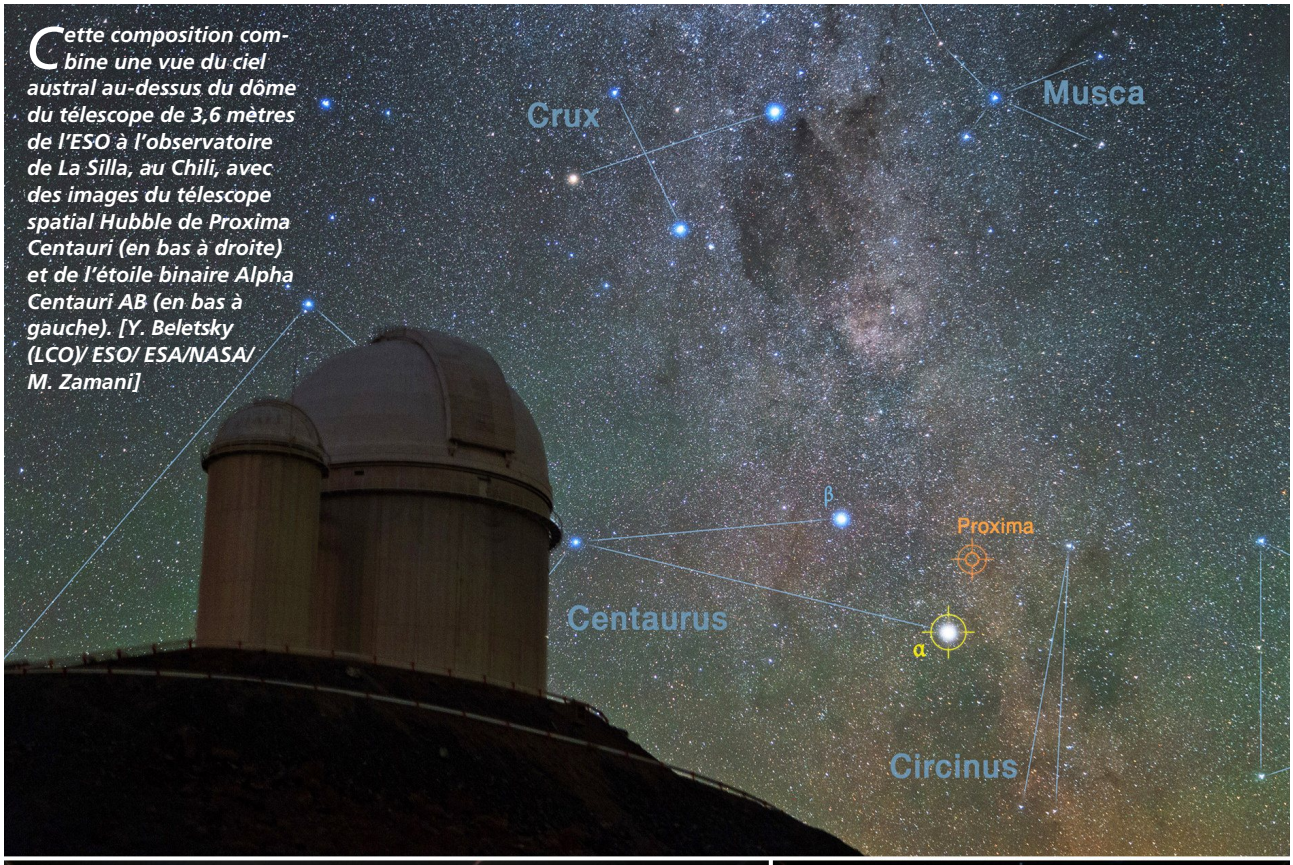
Les tailles relatives d'un certain nombre d'objets, dont les trois membres (connus) du système triple Alpha Centauri et quelques autres étoiles pour lesquelles les tailles angulaires ont été mesurées avec le Very Large Telescope Interferometer (VLTI) de l'Observatoire Paranal de l'ESO. A titre de comparaison, le Soleil et Jupiter sont également représentés. [ESO]

11,2 jours dans les variations de la vitesse radiale de l'étoile, qui se manifestent par les oscillations susmentionnées des raies spectrales.

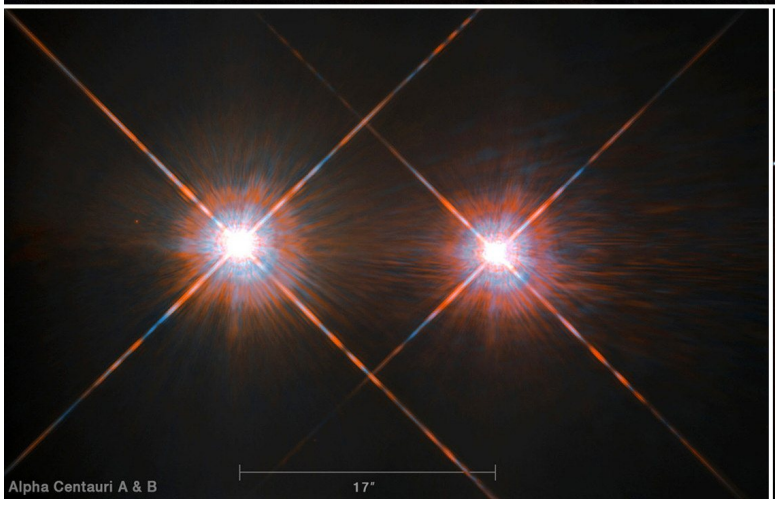
Alors que l'activité magnétique génère des variations aléatoires non périodiques, qui ne déplacent pas le centre géométrique de l'étoile, une planète avec une orbite non orthogonale à la ligne de visée déplace physiquement l'étoile vers l'observateur et dans la direction opposée, générant un signal périodique dans le spectre. Le défi de l'équipe d'Anglada-Escudé était de réussir à extraire ce signal (la période orbitale) du bruit. En connaissant la masse de Proxima Centauri, à partir de l'ampleur de l'oscillation des raies spectrales, il a été possible de calculer la masse minimale de la planète : 1,3 fois celle de la Terre. Dès la période orbitale connue, il était aussi possible de calculer la distance étoile-planète, qui est de 0,048 unités astronomiques (7,2 millions de km). Ces valeurs ont fait beaucoup de bruit peu de temps après la découverte, car elles suggèrent que Proxima b pourrait être une planète rocheuse qui orbite sûrement dans la zone habitable de Proxima Centauri, qui s'étend de 0,023 à 0,054 unités astronomiques du centre de l'étoile. Rappelons que le terme "zone habitable" désigne la région autour d'une étoile où de l'eau liquide peut exister à la surface d'une planète. Bref, sa taille et son positionnement laissent espérer que Proxima b est l'exoplanète la plus proche qui possède les conditions essentielles pour accueillir la vie. Cependant, ce scénario est extrêmement improbable et pour diverses raisons. La première est l'activité magnétique exubérante de Proxima Centauri, qui assaille continuellement la planète avec des flux mortels de rayons ultraviolets et X. Une autre raison est la masse réelle de la planète elle-même, qui pourrait peut aller jusqu'au double de celle de la Terre, si la planète est bien au-dessus ou en dessous de la ligne de visée au point le plus proche et le plus éloigné de la Terre. En fait, quand on parle de "masse minimale", on entend ce que la planète aurait si son orbite la conduisait à couper la jonction Terre-étoile : il est bien plus probable que cette configuration ne se réalise pas et que la masse de la planète soit plus importante.

Connaître précisément la masse de Proxima b permettrait déjà de mieux comprendre le type de planète, mais cela seul ne suffirait pas à faire la distinction entre une petite planète rocheuse, un monde océanique et un mini-Neptune. En d'autres termes, la masse seule ne nous dit pas si une planète a à peu près la taille de la Terre, et encore moins si elle est potentiellement habitable. Pour avoir cette information, il est indispensable de connaître également le diamètre de la planète. Pour le calculer, il y a essentiellement deux façons : obtenir une image directe avec une résolution angulaire qui permet de mesurer la taille apparente de la planète (connue la distance, on remonte aux dimensions réelles), ou enregistrer son

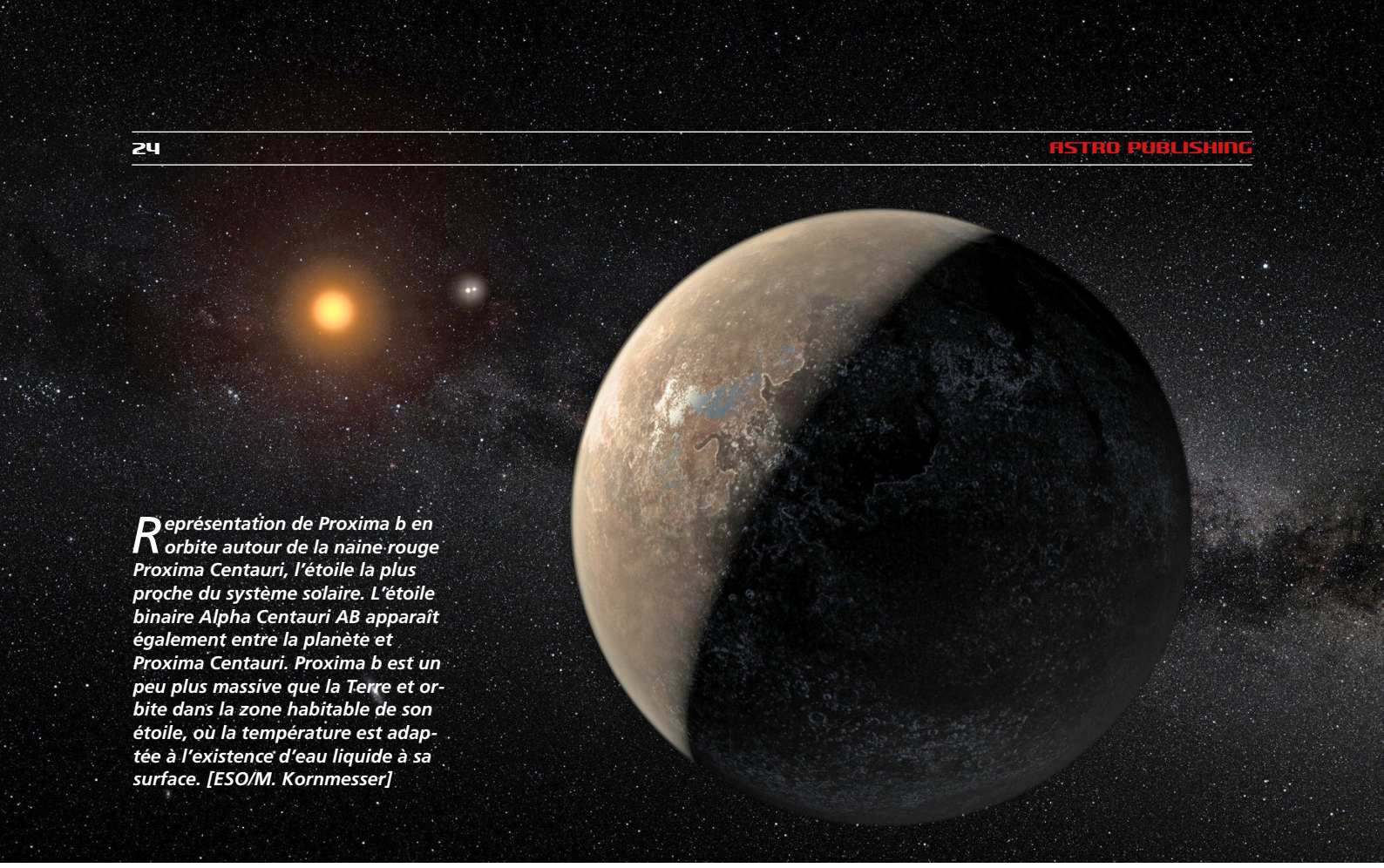
Guillem Anglada-Escudé, l'astronome qui avec son équipe a découvert Proxima b. [Universitat de Barcelona]



Cette composition combine une vue du ciel austral au-dessus du dôme du télescope de 3,6 mètres de l'ESO à l'observatoire de La Silla, au Chili, avec des images du télescope spatial Hubble de Proxima Centauri (en bas à droite) et de l'étoile binaire Alpha Centauri AB (en bas à gauche). [Y. Beletsky (LCO)/ ESO/ ESA/NASA/ M. Zamani]



passage devant le disque stellaire et déduire le diamètre du pourcentage de photosphère occultée (connus le diamètre et la luminosité de l'étoile). Dans le cas de Proxima b, ainsi que de toutes les autres exoplanètes connues, la première voie n'est pas envisageable en raison de l'impossibilité, avec les instruments actuels, d'obtenir des images planétaires plus grandes qu'un pixel. De plus, beaucoup de ces planètes sont très proches de leurs étoiles (surtout s'il s'agit de naines rouges) et il est impossible de les "extraire" de la lumière éblouissante des

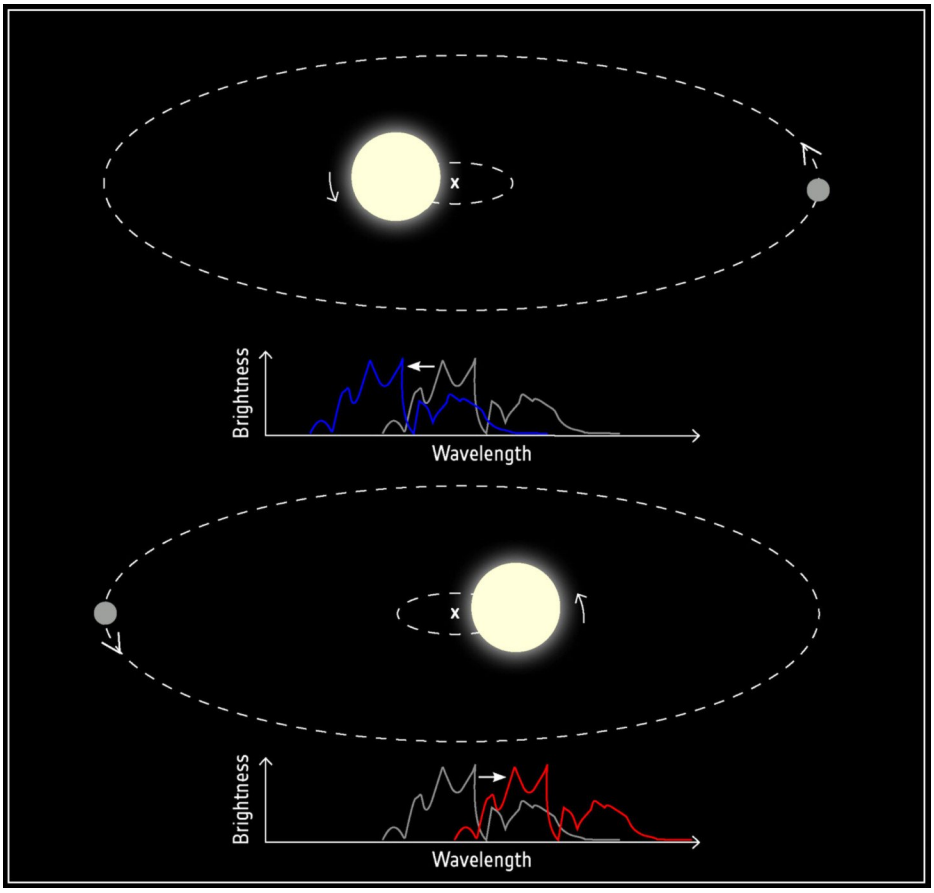


Représentation de Proxima b en orbite autour de la naine rouge Proxima Centauri, l'étoile la plus proche du système solaire. L'étoile binaire Alpha Centauri AB apparaît également entre la planète et Proxima Centauri. Proxima b est un peu plus massive que la Terre et orbite dans la zone habitable de son étoile, où la température est adaptée à l'existence d'eau liquide à sa surface. [ESO/M. Kornmesser]

étoiles. Presque toujours accessible est, au contraire, la deuxième voie, celle des transits devant des disques stellaires, qui sont cependant géométriquement rares.

À ce point, la question que nous devons nous poser est la suivante : pendant au moins une courte partie de son orbite, Proxima b passe-t-elle oui ou non devant le disque de Proxima Centauri observé depuis la Terre ? Les astronomes se posent cette question depuis le jour même de la découverte de la planète. Si Proxima b fût observée en transit, nous aurions immédiatement la confirmation que sa masse coïncide avec la masse minimale estimée et nous pourrions facilement en déduire le diamètre, en identifiant le type planétaire avec une précision suffisante. Les observations spectroscopiques pourraient également nous dire si cette planète a une atmosphère et de quels gaz elle est principalement composée ; pour cela, il suffit (mais c'est pas facile) de soustraire du spectre stellaire acquis durant le transit celui acquis hors transit : la différence est indicative des gaz qui composent l'atmosphère planétaire, si elle existe. Malheureusement, comme mentionné précédemment, Proxima Centauri est très bruyante à la fois photométriquement et spectroscopiquement, et peut aisément masquer le signal produit par n'importe quel transit de Proxima b. Néanmoins, si la planète transite, elle le fait tous les 11,2 jours, une fréquence qui, à long terme, pourrait faire émerger le signal. S'il fût possible d'enregistrer régulièrement les transits, ce serait l'occasion d'effectuer des analyses spectroscopiques plus approfondies et de révéler la présence éventuelle de biosignatures, c'est-à-dire de molécules

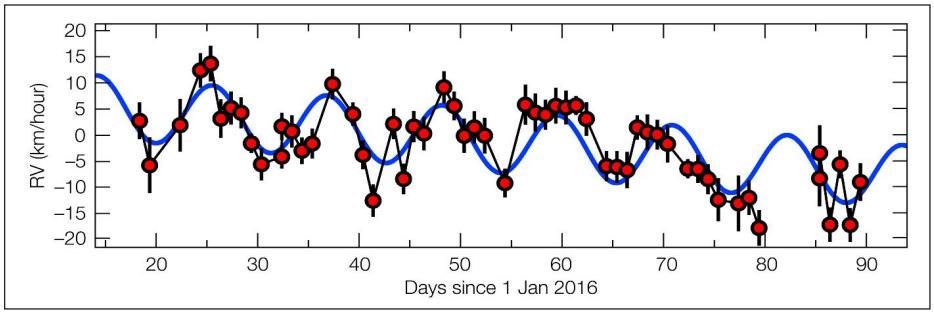
Cette vidéo emmène le spectateur dans un voyage à 20 % de la vitesse de la lumière jusqu'à l'étoile la plus proche, Proxima Centauri. On voit la planète Proxima b, qui orbite autour de son étoile tous les 11,2 jours. Cette planète est située dans la zone habitable, ce qui signifie que de l'eau liquide pourrait exister à sa surface. [PHL @ UPR Arecibo, ESO. Music by Lyford Rome]



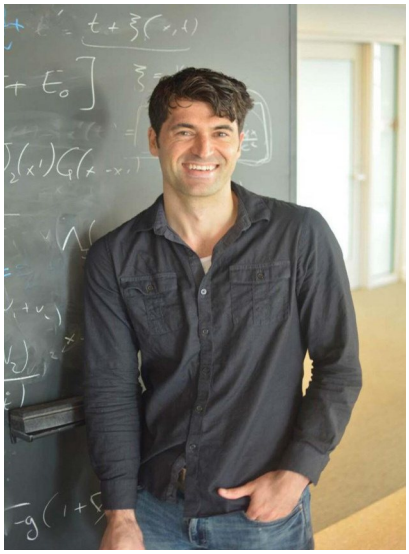
Une exoplanète peut être détectée par une oscillation dans le mouvement de son étoile, causée par l'attraction gravitationnelle de la planète elle-même sur l'étoile alors qu'elle orbite autour du centre de masse commun. Vue de loin, l'étoile semble s'approcher et s'éloigner de l'observateur. Ce mouvement fait apparaître la lumière de l'étoile légèrement plus bleue lorsqu'elle se rapproche de l'observateur et légèrement plus rouge lorsqu'elle s'en éloigne. Ce changement de fréquence est connu sous le nom d'effet Doppler. La plupart des premières découvertes d'exoplanètes ont eu lieu en exploitant cet effet. [ESA]

potentiellement liées à la présence de vie, comme l'oxygène et le méthane. Cette opportunité, se référant précisément à la planète de la zone habitable la plus proche du système solaire, a poussé ces dernières années de nombreuses équipes de chercheurs à étudier assidûment Proxima Centauri, pour confirmer ou infirmer définitivement les transits de Proxima b. La première équipe a été celle susmentionnée d'Anglada-Escudé, qui en 2016, analysant les diverses courbes de lumière de l'étoile disponibles, n'a trouvé aucune preuve de transits. Ces mêmes chercheurs, considérant la séparation orbitale de la planète, ont calculé que la probabilité géométrique que Proxima b transite est d'environ 1,5 %.

En 2017, une équipe dirigée par David Kipping (Columbia University, Department of Astronomy) a retravaillé les observations de Proxima Centauri recueillies pendant 40 jours entre 2014 et 2015 avec le télescope spatial MOST, un instrument de très haute précision mesurant à peine 15 cm de diamètre (MOST est l'acronyme de Microvariability and Oscillation of Stars). Bien que cette étude n'ait pas révélé de périodicités photométriques directement attribuables à Proxima b, deux signaux isolés de transits candidats

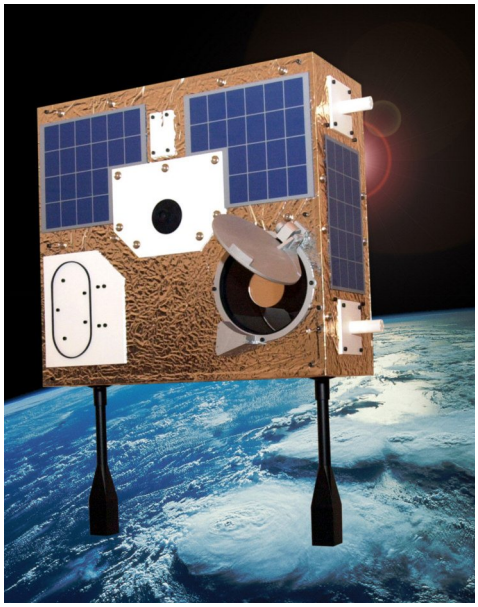


Ce graphique montre le mouvement de Proxima Centauri par rapport à la Terre dans les premiers mois de 2016. Dans une partie de son orbite, l'étoile s'approche de la Terre à environ 5 km/h et dans une autre partie elle s'en éloigne à la même vitesse. Ce schéma régulier de variation de vitesse radiale se répète sur une période de 11,2 jours. [ESO/G. Anglada-Escudé]



David Kipping, l'astronome qui examinant les observations de MOST avec son équipe, a mis en évidence deux candidats transits devant le disque de Proxima Centauri. [Columbia University]

ont été identifiés avec la profondeur attendue pour le transit d'un corps de taille similaire.
Encore en 2017, une équipe dirigée par Yiting Li (Pennsylvania State University) a présenté les données obtenues en observant Proxima Centauri pendant 23 nuits avec un télescope robotique de 30 cm du Las Campanas Observatory. La recherche n'a pas été concluante en ce qui concerne Proxima b, mais un transit candidat a été identifié peut-être attribuable à une deuxième planète (pas nécessairement à l'une des planètes les plus récemment découvertes).
En 2018, une équipe dirigée par Hui-Gen Liu (Nanjing University, School of Astronomy and Space Science) a publié les résultats de 10 jours de surveillance photométrique de Proxima Centauri avec le Bright Star Survey Telescope, de la station Zhongshan, en Antarctique. Dans ce cas également, un signal a été trouvé avec les caractéristiques d'un transit planétaire et cohérent avec les paramètres orbitaux de Proxima b déduits des variations de la vitesse radiale de son étoile, mais le niveau de confiance du signal détecté n'était pas particulièrement élevé. Encore une fois, le bruit photométrique produit par l'activité magnétique de Proxima Centauri s'est avéré délétère.
Une autre recherche publiée en 2018 est celle de l'équipe de David Blank (Université James Cook, North Queensland, Australie), qui a retravaillé plus de 300 observations de Proxima Centauri, recueillies par différents télescopes à travers le monde, pendant la période 2006-2017. Malgré la quantité et la variété des données, l'équipe n'a identifié aucun candidat transit, alors qu'elle a facilement confirmé la variabilité photométrique considérable et imprévisible de l'étoile.
Une sélection des courbes de lumière de la plus haute qualité déjà réduites par Blank et ses collègues est devenue, en 2019, la base de données sur laquelle une autre équipe s'est penchée, dirigée par Dax Feliz (Vanderbilt University, Nashville, TN).



Représentation graphique du télescope spatial MOST en orbite autour de la Terre. [Canadian Space Agency]

Les exoplanètes en transit sont détectées lorsqu'elles passent devant leur étoile, provoquant une baisse de la lumière stellaire visible par un observateur éloigné. Le transit est répété avec une cadence qui dépend du temps mis par l'exoplanète pour orbiter autour de son étoile. Par exemple, dans des conditions idéales, tout observateur extraterrestre de notre système solaire devrait attendre une de nos années pour voir une répétition du transit de la Terre devant le Soleil. [ESA]

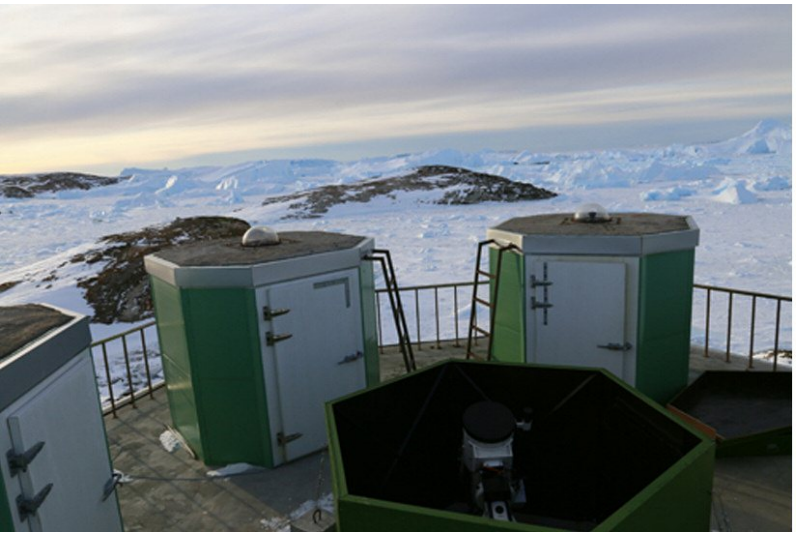
Représentation d'une violente éruption provenant de la naine rouge Proxima Centauri. [NRAO/S. Dagnello]

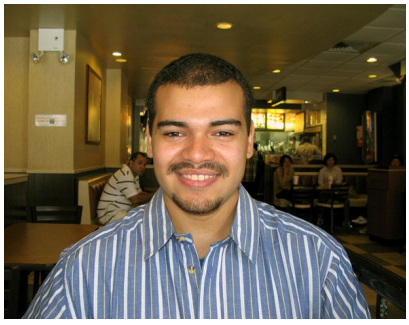
Ces chercheurs ont concentré leur analyse sur les périodes orbitales dans l'intervalle de 1 à 30 jours, et pour mieux évaluer le seuil de sensibilité de leurs méthodes d'investigation, ils ont introduit dans la base de données des séries de signaux "synthétiques" avec des propriétés différentes, amplement reconnaissables s'ils sont identifiés dans le bruit photométrique. L'équipe a ainsi pu établir que les procédures mathématiques auxquelles était soumise la base de données réelles avaient une sensibilité utile pour détecter des transits d'une profondeur de 5 millièmes de magnitude, une valeur juste suffisante pour détecter les transits de Proxima b. Cependant, de cette valeur minimale à augmenter, aucun événement périodique assimilable à un transit n'a été mis en évidence.

Toujours en 2019, a été publié un travail de James Jenkins (Department of Astronomy, Universidad de Chile) et ses collègues, basé sur les données du télescope spatial infrarouge Spitzer. 48 heures d'observations à une longueur d'onde de 4,5 microns n'ont révélé aucun transit dans les temps prévus, malgré que les éruptions stellaires répétées de Proxima Centauri apparaissaient moins prédominantes dans l'infrarouge. La sensibilité de Spitzer aurait certainement montré le transit d'une planète d'un diamètre minimum de pas moins de 40 % de celui de la Terre. Compte tenu de la masse minimale estimée pour Proxima b, il est pratiquement impossible qu'elle soit si petite : déjà un diamètre d'un peu moins de 0,9 diamètres terrestres signifierait que cette planète est entièrement composée de fer !

Pour dissiper les doutes résiduels que Proxima b ne passe pas devant son étoile, une équipe dirigée par Emily Gilbert (University of Chicago, Department of Astronomy and Astrophysics) a collecté et analysé les observations photométriques de Proxima Centauri faites par le Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), dans les périodes avril-juin 2019 et avril-mai 2021, pour un total de près de 80 jours d'observations. La tâche de TESS est d'observer l'ensemble du ciel dans le visible et le proche infrarouge, afin de découvrir des planètes provoquant des transits fréquents devant le disque des étoiles relativement voisines du Soleil. Sur environ 200 000 cibles, TESS a collecté des

Le Bright Stars Survey Telescope (BSST) de la station Zhongshan, en Antarctique. [Chinese Center of Antarctic Astronomy]

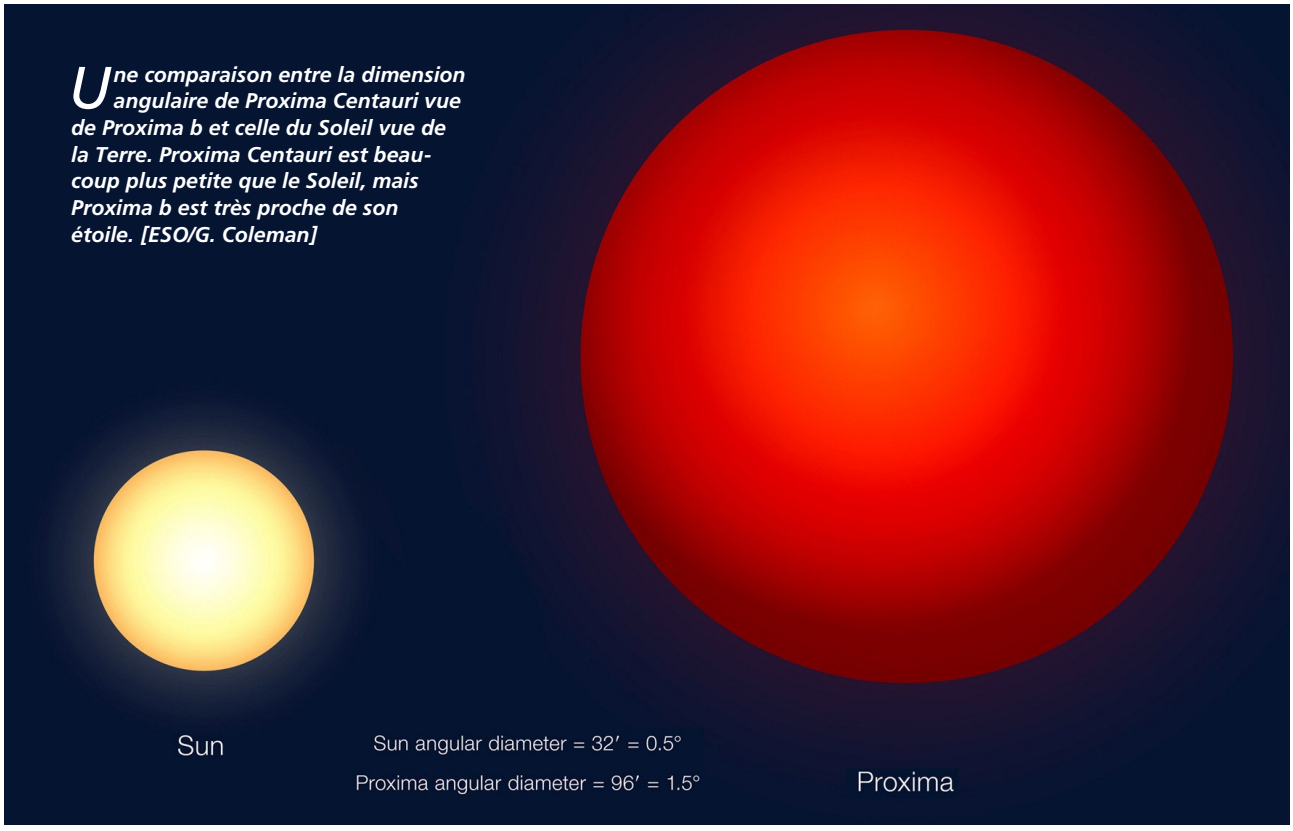




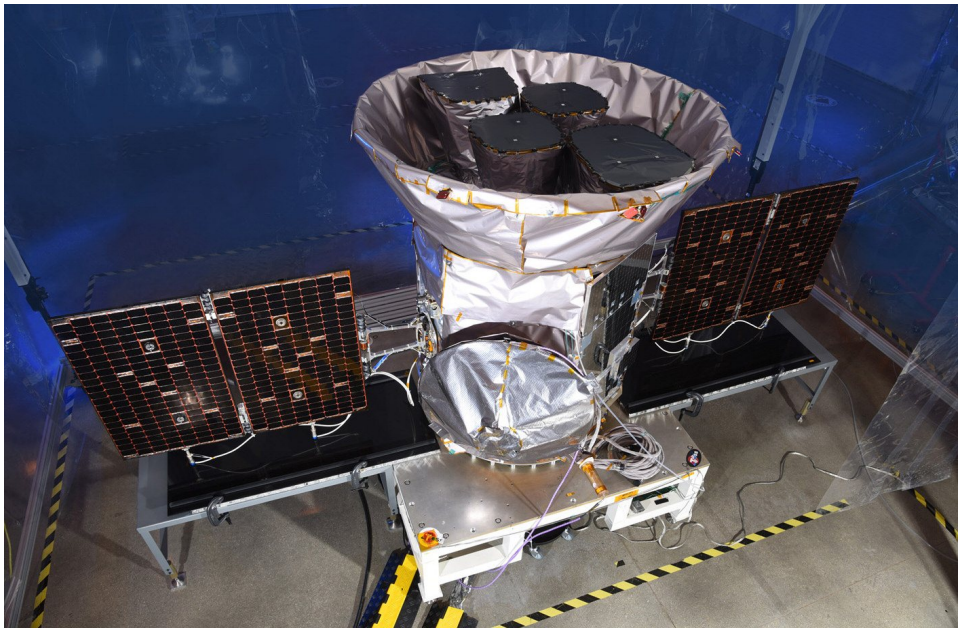
Dax Feliz ,le chercheur qui, avec son équipe, a démontré qu'aucune planète capable de réduire la luminosité de plus de 5 millièmes de magnitude ne transite sur le disque de Proxima Centauri. [Vanderbilt Univ.]

données photométriques de haute précision avec une cadence de 2 minutes dans les deux périodes considérées, et également avec le nouveau mode de cadence de seulement 20 secondes dans la période la plus récente. Malgré une photométrie aussi intense, il peut être difficile d'interpréter correctement l'évolution des éruptions de Proxima Centauri et d'isoler les signaux potentiellement attribuables aux transits planétaires. Sans surprise, en 2016, James Davenport (University of Washington's Department of Astronomy) et ses collègues avaient suggéré que la courbe de lumière de l'étoile pourrait même être dominée par la superposition de nombreuses éruptions d'énergie variable, un scénario qui rendrait presque impossible d'extraire le signal très faible d'un transit du bruit, bien que périodique et fréquent. Pour atténuer ce bruit, l'équipe de Gilbert a intégré une nouvelle méthode dans les algorithmes de recherche de la planète qui inclut la modélisation de l'activité stellaire et

Emily Gilbert, l'auteur de l'une des études les plus récentes et les plus précises sur la photométrie de Proxima Centauri. Elle et son équipe ont établi qu'aucune planète avec un diamètre supérieur à 40 % de celui de la Terre ne traverse le disque de l'étoile la plus proche du système solaire. [University of Chicago]



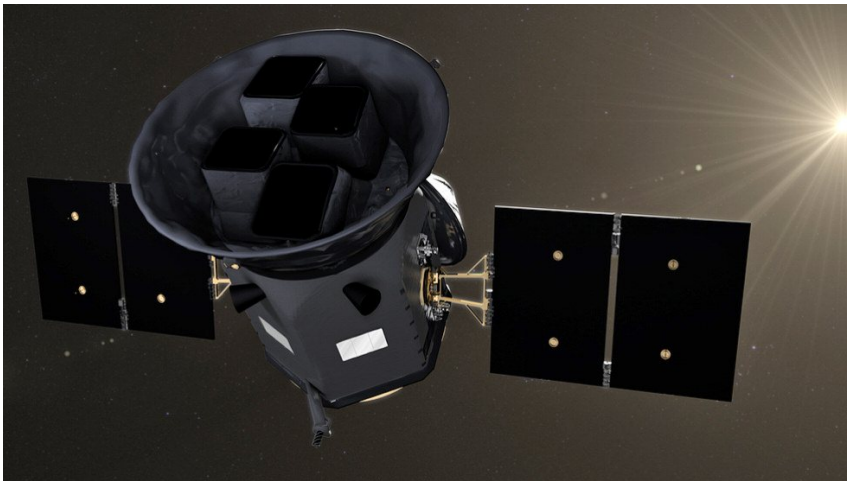
Une comparaison entre la dimension angulaire de Proxima Centauri vue de Proxima b et celle du Soleil vue de la Terre. Proxima Centauri est beaucoup plus petite que le Soleil, mais Proxima b est très proche de son étoile. [ESO/G. Coleman]



Le Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) de la NASA, lors du réglage final en laboratoire (à gauche) et tel qu'illustré alors qu'il parcourt sa large orbite autour de la Terre (ci-dessous). [Orbital ATK]

qui permet de prédire le comportement photométrique des éruptions. En soustrayant la courbe de lumière théorique des éruptions modélisées de celle de l'étoile, il devient possible de nettoyer la photométrie stellaire d'une partie du bruit produit par l'activité photosphérique. Cependant, cette procédure est plus facile à décrire qu'à appliquer, surtout si la photométrie comporte la coévolution de plusieurs éruptions d'énergie différente. Pour réduire la marge d'incertitude, l'équipe a également "injecté" des transits artificiels dans les courbes de lumière de Proxima Centauri, afin de tester la sensibilité de la méthode face à d'éventuels transits réels et de déterminer dans quelles circonstances ils peuvent être détectés. Encore une fois, le résultat montre que, s'il y a des transits, ce ne sont pas ceux provoqués par des planètes d'un diamètre supérieur à 0,4 diamètres terrestres. De plus, cette dernière étude a établi qu'il est extrêmement improbable l'existence, dans la zone habitable de l'étoile (où les périodes orbitales sont de 6 à 27 jours), de planètes en transit plus grandes que Mars.

Si, comme semblent le démontrer toutes les recherches menées ces dernières années, Proxima b ne passe pas devant le disque de Proxima Centauri, il faudra emprunter d'autres chemins pour en savoir plus sur cette planète insaisissable. Malheureusement, même avec le nouveau télescope spatial Webb, il ne sera pas possible de l'observer directement. Cependant, nous pourrons toujours comprendre si Proxima b a une atmosphère, et donc de quel type de planète il s'agit. Les conditions préalables à l'obtention de ces informations sont la remarquable sensibilité de Webb à la lumière infrarouge et le fait que les planètes en orbite dans les zones habitables des naines rouges sont, vraisemblablement, toutes verrouillées gravitationnellement, c'est-à-dire qu'elles tournent constamment le même hémisphère vers leur étoile (la période de rotation sur l'axe et la période orbitale coïncident, comme c'est le cas pour la Lune). Il s'ensuit que Webb pourrait détecter des variations dans l'émission thermique de la planète lorsqu'elle se déplace autour de l'étoile. Bien que non directement visible, Proxima b apporte une petite contribution à l'émission infrarouge totale du système étoile-planète, une émission qui est certainement plus importante lorsqu'elle tourne l'hémi-



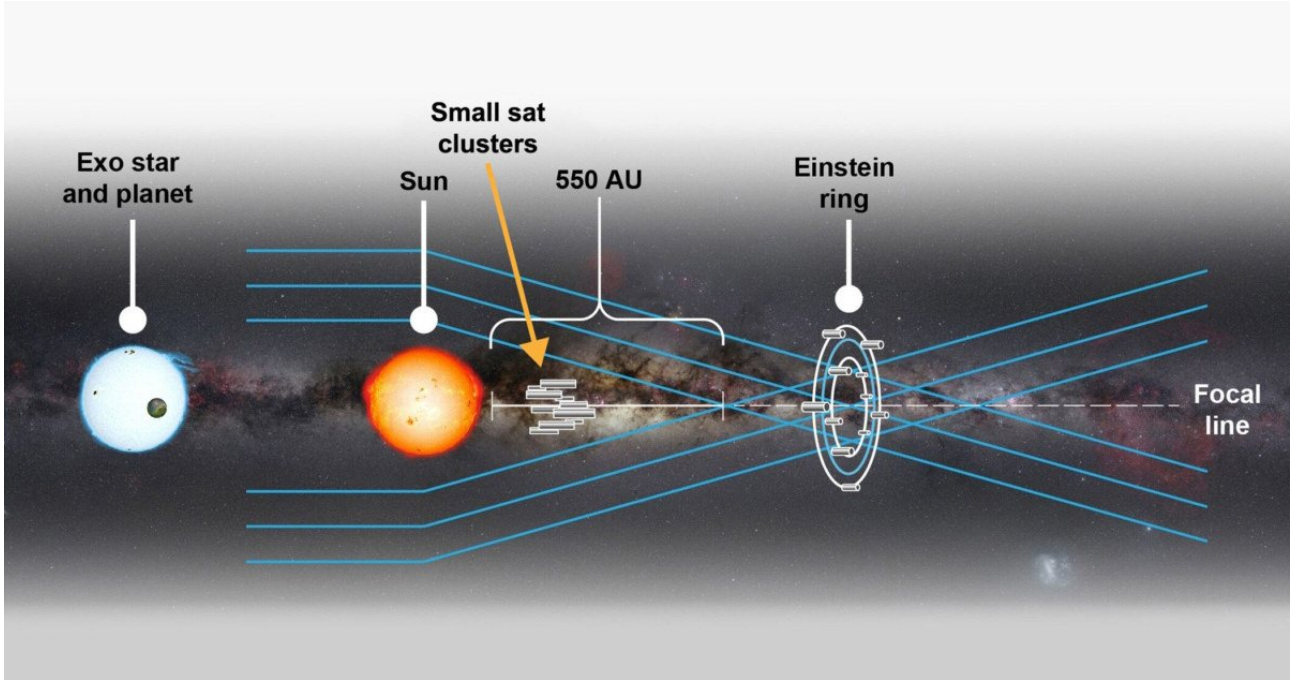


Schéma du concept d'une lentille gravitationnelle solaire, qui pourrait permettre une meilleure visualisation des exoplanètes potentiellement habitables. La lentille naturelle génère un anneau d'Einstein, qui est une image déformée de l'objet céleste amplifié. Avec des procédures mathématiques appropriées, il est possible de reconstruire l'image réelle, comme si l'objet fût observé de près. [The Aerospace Corporation – Music by Lyford Rome]

sphère éclairé (et donc plus chaude) dans notre direction, et est inférieure une demi-orbite plus tard, quand c'est l'hémisphère nocturne qui pointe vers nous. L'enregistrement d'une modeste différence de rayonnement thermique entre les deux hémisphères suggérerait la présence d'une atmosphère ou d'un océan (ou les deux) capables de redistribuer la chaleur reçue par l'étoile, tandis qu'un grand contraste thermique indiquerait que la planète est dénuée d'atmosphère et elle est substantiellement aride.

Fait intéressant, le temps nécessaire à Webb pour effectuer cette vérification peut être aussi court qu'une seule orbite de la planète. Avi Loeb et Laura Kreidberg (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA) sont convaincus que si Webb pouvait observer ce système étoile-planète pendant quelques mois, il serait capable d'identifier la ligne spectrale infrarouge de l'ozone (si elle existe), qui à son tour indiquerait la présence d'oxygène dans l'atmosphère.

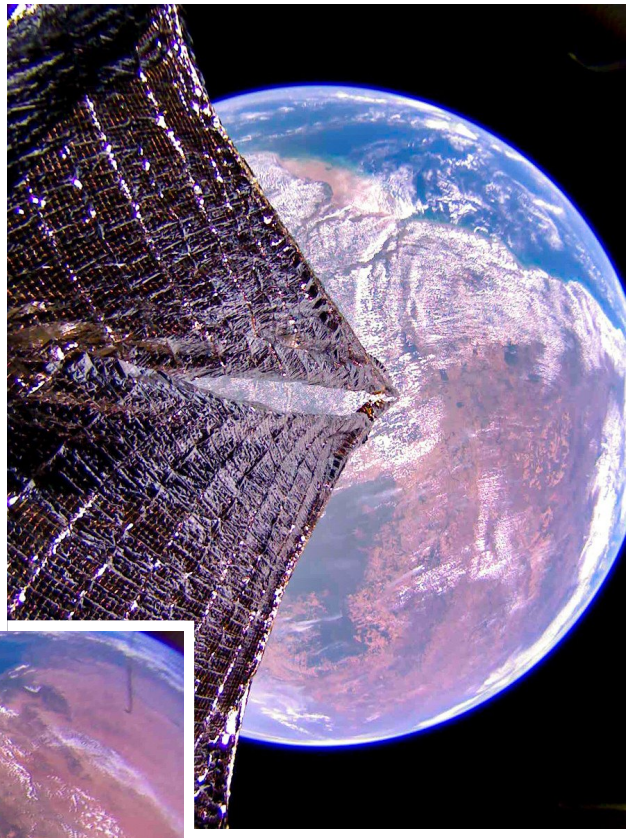
Toutes les tentatives de détection de Proxima b résumées jusqu'ici sont évidemment des moyens indirects de récolter des informations. Pourrons-nous jamais l'observer et la photographier directement ? Depuis une perspective théorique, cela est possible en exploitant la courbure de l'espace produite par la masse du Soleil. En fait, notre étoile pourrait être utilisée comme une lentille gravitationnelle et, en plaçant un "oculaire" au foyer de la lentille inhabituelle, on obtiendrait la résolution nécessaire pour photographier en détail Proxima b. Cette idée bizarre, mais scientifiquement sans faille, est venue à une équipe dirigée par Louis Friedman (The Planetary Society, Pasadena, CA), qui en a publié les détails l'été dernier.

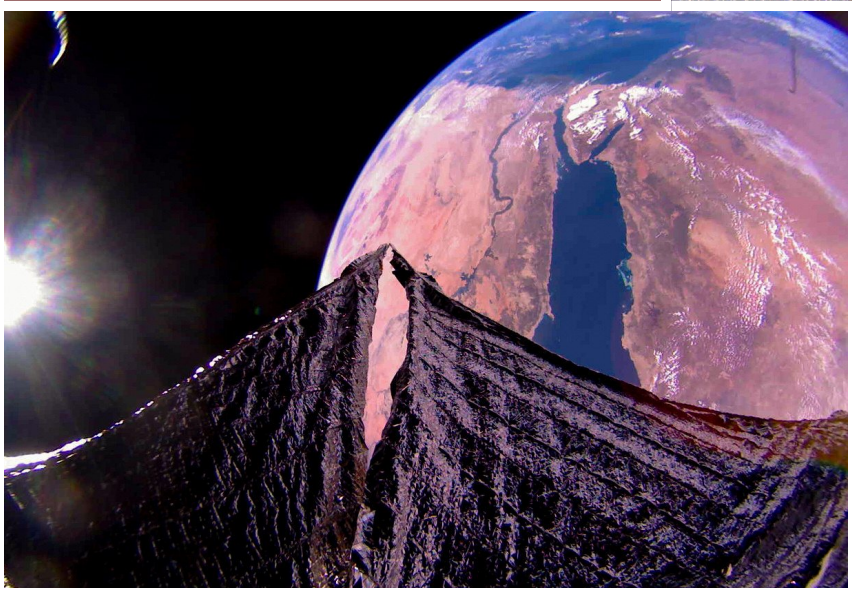
Le phénomène de la lentille gravitationnelle a été prédit par Albert Einstein, il y a plus d'un siècle, il a ensuite été amplement démontré et est maintenant régulièrement exploité pour l'étude de galaxies très lointaines, qui autrement seraient invisibles sans l'amplification de leur lumière par de grandes masses (typiquement galaxies ou amas de galaxies) interposées le long de la ligne de visée.

Comparé aux protagonistes cosmologiques du "lensing" gravitationnel, le Soleil serait une très petite lentille, mais suffisante pour amplifier les informations provenant du système de Proxima Centauri d'au moins cent milliards de fois. Pour avoir une idée de la différence avec l'imagerie traditionnelle, il suffit de dire qu'à la

distance de ce système, les plus grands télescopes au sol peuvent résoudre des détails de pas moins de deux millions de kilomètres de large, soit environ 150 fois la taille de la Terre, c'est-à-dire que l'image d'aucune exoplanète ne peut occuper plus d'un pixel. Si, au contraire, on pouvait utiliser le Soleil comme s'il fût l'objectif d'un télescope, on obtiendrait une résolution de quelques kilomètres sur Proxima b, ce qui signifierait cartographier la surface avec des détails étonnants.

Au-delà de toutes les difficultés techniques qu'apporterait une telle entreprise, le problème le plus pertinent est d'atteindre la ligne focale de la "lentille", qui commence à approximativement 550 unités astronomiques du Soleil, soit 82 milliards de kilomètres. Si l'on considère que la sonde Voyager 1, lancée en 1977, s'est éloignée d'un peu plus de 155 unités astronomiques, l'idée de Friedman et de ses collègues apparaît plutôt utopique, malgré les avancées accumulées par l'astronautique ces 45 dernières années. Cependant, c'est la même équipe qui propose une solution pour raccourcir le temps nécessaire pour atteindre la ligne focale. La solution consiste à utiliser une sonde équipée d'une grande voile solaire, une technologie testée avec succès ces dernières années en orbite terrestre avec LightSail 2. Le principe des voiles solaires est d'être propulsées (donc accélérées) par la pression du rayonnement solaire. Plus la voile est grande et plus la charge transportée est légère, plus la vitesse que l'on peut atteindre est élevée. L'équipe a calculé qu'un dispositif de focalisation pesant 100 kg pourrait arriver à destination dans environ un quart de siècle, ce qui est acceptable compte tenu des perspectives impressionnantes. Nous ne pouvons pas prédire ce qui sera accompli dans les décennies à venir et ce qui ne restera que de la théorie. Ce qui est certain, c'est que Proxima b restera une cible prioritaire pour de nombreuses équipes de recherche, du moins jusqu'à ce qu'il soit certain (et pas seulement probable) qu'il s'agisse d'une planète inhospitalière pour la vie telle que nous la connaissons. ■

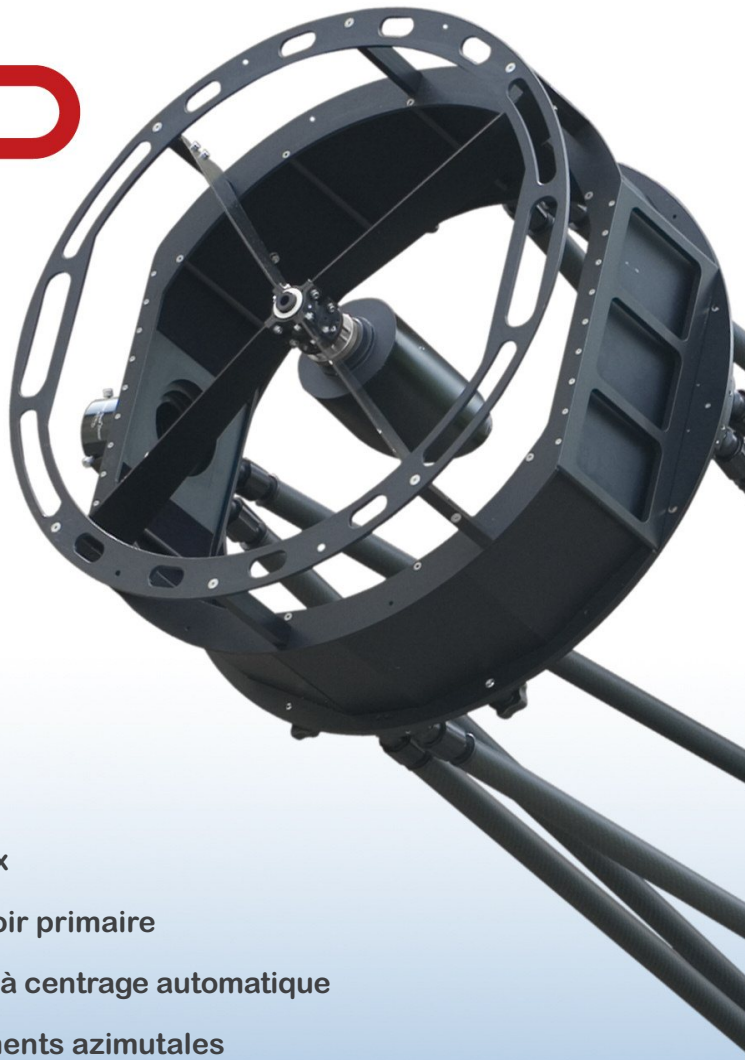




Ces images prises par le vaisseau spatial LightSail 2 de la Planetary Society montrent la mer Rouge, le Nil, la Méditerranée orientale avec les zones environnantes (ci-dessous) et le nord du Brésil (à droite). La mission LightSail 2 a démontré qu'il est possible d'accélérer un vaisseau spatial en utilisant simplement la pression du rayonnement solaire, un type de propulsion qui pourrait être exploité pour atteindre des destinations lointaines en quelques décennies, comme la ligne focale de la lentille gravitationnelle solaire ou les exoplanètes les plus proches. [The Planetary Society]

NORT

RAPIDO 450



TÉLESCOPE NEWTON AZIMUTAL

- optique SCHOTT Supremax 33
- diamètre optique 460 mm
- diamètre utile 450 mm
- rapport focal f/4
- épaisseur du miroir primaire 35 mm
- petit axe du miroir secondaire 100 mm
- miroir primaire refroidi par ventilateurs axiaux
- élimination de l'humidité résiduelle sur le miroir primaire
- structure en carbone avec raccords coniques à centrage automatique
- six supports latéraux conçus pour les instruments azimutales
- zéro déformations

Le NortheK Rapido 450 est conçu pour être désassemblé en pièces essentielles pour le transport dans une petite voiture. Chaque composant a sa propre caisse en bois, facilitant le transport et l'assemblage. L'élément principal pèse 27 kg. Les dispositifs mécaniques incorporés et l'exécution précise de chaque composant permettent la collimation de l'optique avec une extrême facilité et de la maintenir tout au long d'une séance d'observation, en éliminant les torsions et les flexions, quel que soit le poids des accessoires utilisés. L'épaisseur minimale du miroir permet une acclimatation rapide et assure une stabilité thermique. Deux barres équipées de poids coulissants permettent l'équilibre parfait du télescope.
Sur demande, il est également possible de modifier le support pour monter le télescope sur une plate-forme équatoriale.
Cet instrument est composé d'aluminium, de carbone et d'acier, chacun parfaitement sélectionné selon des normes mécaniques strictes. C'est sans aucun doute le meilleur Newton altazimutal du marché.

INSTRUMENTS - CO

ΓΗΕΚ

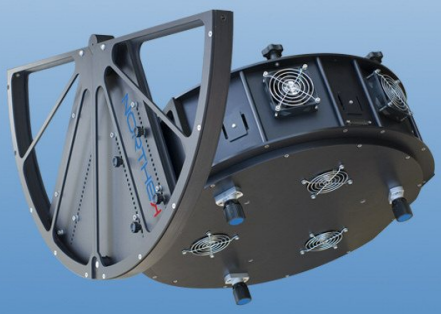
www.northek.it

www.facebook.com/northek.it

info@northek.it

phone +39 01599521

images by Massimo Vesnaver



M P O S I T E S - O P T I C S

La première explosion de supernova d'une étoile Wolf-Rayet

par IAC - Outreach Unit
revisé par Frédéric Thienpont

Dans un passé pas trop lointain, la découverte d'une supernova, une étoile qui explose, était considérée comme une occasion rare. Aujourd'hui, des instruments de mesure et des méthodes d'analyse avancées aident à détecter quotidiennement une cinquantaine d'explosions de ce type, ce qui a également augmenté la probabilité que les chercheurs soient en mesure de repérer des types d'explosions plus rares qui n'existaient jusqu'à présent que sous-forme de constructions théoriques.
Récemment, une équipe internationale de scientifiques dirigée par le chercheur Avishay Gal-Yam du Weizmann Institute's Particle Physics and Astrophysics Department a découvert une supernova jamais vue auparavant. Il s'agit d'une explosion provenant d'une étoile Wolf-Rayet, un type d'étoile massive très évoluée qui perd une grande quantité de masse à cause des vents stellaires intenses.
La durée de vie des étoiles massives est relativement courte, tout au plus quelques millions d'années. Le Soleil,

Une étoile Wolf-Rayet et sa nébuleuse environnante capturées par le télescope spatial Hubble. Gal-Yam et ses collègues ont été les premiers à découvrir une supernova de type rare provenant de cette étoile. [NASA/ESA Hubble Space Telescope]

en comparaison, a une espérance de vie d'environ 10 milliards d'années. Les processus de fusion nucléaire qui se succèdent au centre des étoiles massives conduisent à leur stratification, avec les éléments lourds concentrés au centre et les éléments progressivement plus légers qui composent les couches externes.

Les étoiles Wolf-Rayet sont des étoiles particulièrement massives dépourvues d'une ou plusieurs couches externes composées d'éléments plus légers.

Ainsi, à la place de l'hydrogène, l'élément le plus léger, la surface de l'étoile est caractérisée par la présence d'hélium, voire de carbone et d'éléments plus lourds. Une explication possible de ce phénomène est que les vents forts qui soufflent en raison de la haute pression dans l'enveloppe de l'étoile dispersent la couche la plus externe, faisant perdre à l'étoile couche après couche pendant plusieurs centaines de milliers d'années.

Malgré leur durée de vie relativement courte et leur état de désintégration progressive, l'analyse du nombre toujours croissant de découvertes de supernovas a conduit à l'hypothèse que les étoiles Wolf-Rayet n'explosent tout simplement pas, mais s'effondrent dans des trous noirs ; sinon, nous en aurions observée au moins une. Cette hypothèse a été démentie par la récente découverte.

L'analyse spectroscopique de la lumière émise par la supernova a conduit à la découverte de signatures spectrales associées à des éléments spécifiques. Ainsi, les chercheurs ont pu démontrer que l'explosion contenait des atomes de carbone, d'oxygène et de néon, ce dernier élément n'ayant été observé de cette manière dans aucune supernova auparavant. De plus, les chercheurs ont découvert que la matière qui émettait le rayonnement cosmique ne participait pas à l'explosion elle-même, mais provenait plutôt de l'espace entourant l'étoile. Ceci, à son tour, a renforcé l'hypothèse en faveur de vents forts qui ont aidé à dépouiller l'étoile de sa coque extérieure.

Comme cette observation est la première du genre, Gal-Yam a déclaré qu'il était peut-être trop tôt pour déterminer sans équivoque le sort de ces étoiles. « *Nous ne pouvons pas dire à ce stade si toutes les étoiles Wolf-Rayet terminent leur vie de façon spectaculaire. Il est possible que certains d'entre elles s'effondrent silencieusement dans un trou noir.* »

Les chercheurs estiment que la masse qui s'est dispersée lors de l'explosion est probablement la même que celle du Soleil ou d'une étoile légèrement plus petite ; l'étoile qui a explosé était nettement plus lourde, ayant une masse au moins dix fois supérieure à celle du Soleil, les scientifiques se demandent donc où finit la majeure partie de la masse. Gal-Yam suggère un scénario intermédiaire, dans lequel les deux destins possibles se réalisent simultanément : quand la fusion nucléaire au centre de l'étoile s'épuise, une explosion se produit, celle-ci provoque l'éjection d'une partie de la masse dans l'espace, tandis que la masse restante s'effondre sur elle-même, formant un trou noir.

« *Une chose est certaine* – a déclaré Gal-Yam – *ce n'est pas 'l'effondrement silencieux' auquel on faisait souvent référence dans le passé.* »

L'étude a utilisé des observations faites avec plusieurs télescopes, parmi lesquels le Gran Telescopio Canarias (GTC ou Grantecan) situé à l'observatoire Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma). Pour Antonio Cabrera Lavers, chef des opérations scientifiques à Grantecan et chercheur affilié à l'IAC qui a participé à l'étude, « *il convient de mentionner que depuis que cette découverte a été faite pour la première fois, une autre explosion similaire d'une étoile Wolf-Rayet a été observée, ce qui suggère que ce phénomène ne soit en réalité pas un événement unique* ». ■

Le VLT photographie une planète autour de la paire d'étoiles la plus massive

par ESO - Thierry Botti

Le Very Large Telescope de l'Observatoire Européen Austral (le VLT de l'ESO) a capturé l'image d'une planète en orbite autour de b Centauri, un système de deux étoiles visible à l'œil nu. Il s'agit du système stellaire hébergeant une planète le plus chaud et le plus massif à avoir été découvert à ce jour, et la planète a été repérée en orbite à une distance 100 fois supérieure à celle de Jupiter autour du Soleil. Jusqu'à présent, les astronomes pensaient que les planètes ne pouvaient pas exister autour d'étoiles aussi massives et aussi chaudes.

« *La découverte d'une planète autour de b Centauri est très enthousiasmante car elle change complètement l'image des étoiles massives en tant qu'hôtes de planètes* », explique Markus Janson, astronome à l'université de Stockholm (Suède) et premier auteur de la nouvelle étude publiée aujourd'hui en ligne dans Nature.

Situé à environ 325 années-lumière dans la constellation du Centaure, le système à deux étoiles b Centauri (également connu sous le nom de HIP 71865) a au moins six fois la masse du Soleil, ce qui en fait de loin le système le plus massif autour duquel une planète a été confirmée. Jusqu'à présent, aucune planète n'avait été repérée autour d'une étoile plus de trois fois plus massive que le Soleil.

La plupart des étoiles massives sont également très chaudes et ce système ne fait pas exception : son étoile principale est une étoile dite de type B qui est plus de trois fois plus chaude que le Soleil. En raison de sa température intense, elle émet de grandes quantités de rayonnements ultraviolets et de rayons X.

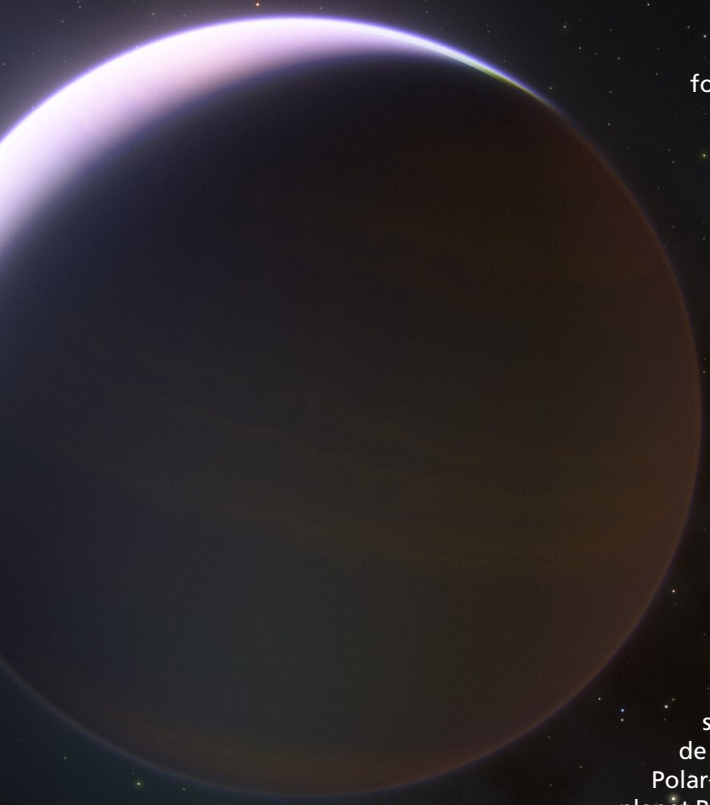
La très importante masse et la chaleur de ce type d'étoile ont un fort impact sur le gaz environnant, ce qui devrait jouer contre la formation de planètes. En particulier, plus une étoile est chaude, plus elle produit de rayonnement de haute énergie, ce qui entraîne une évaporation plus rapide de la matière environnante.

« *Les étoiles de type B sont généralement considérées comme des environnements assez destructeurs et dangereux, et l'on pensait qu'il serait extrêmement difficile de former de grandes planètes autour d'elles* », explique Markus Janson.

Mais la nouvelle découverte montre que des planètes peuvent en fait se former dans des systèmes stellaires aussi hostiles. « *La planète de b Centauri est un monde extraterrestre dans un environnement complètement différent de celui que nous connaissons ici sur Terre et dans notre système solaire* », explique le coauteur Gayathri Viswanath, doctorant à l'université de Stockholm. « *C'est un environnement dur, dominé par des radiations extrêmes, où tout est à une échelle gigantesque : les étoiles sont plus grandes, la planète est plus grande, les distances sont plus grandes.* »

En effet, la planète découverte, baptisée b Centauri (AB)b ou b Centauri b, est également extrême. Elle est 10

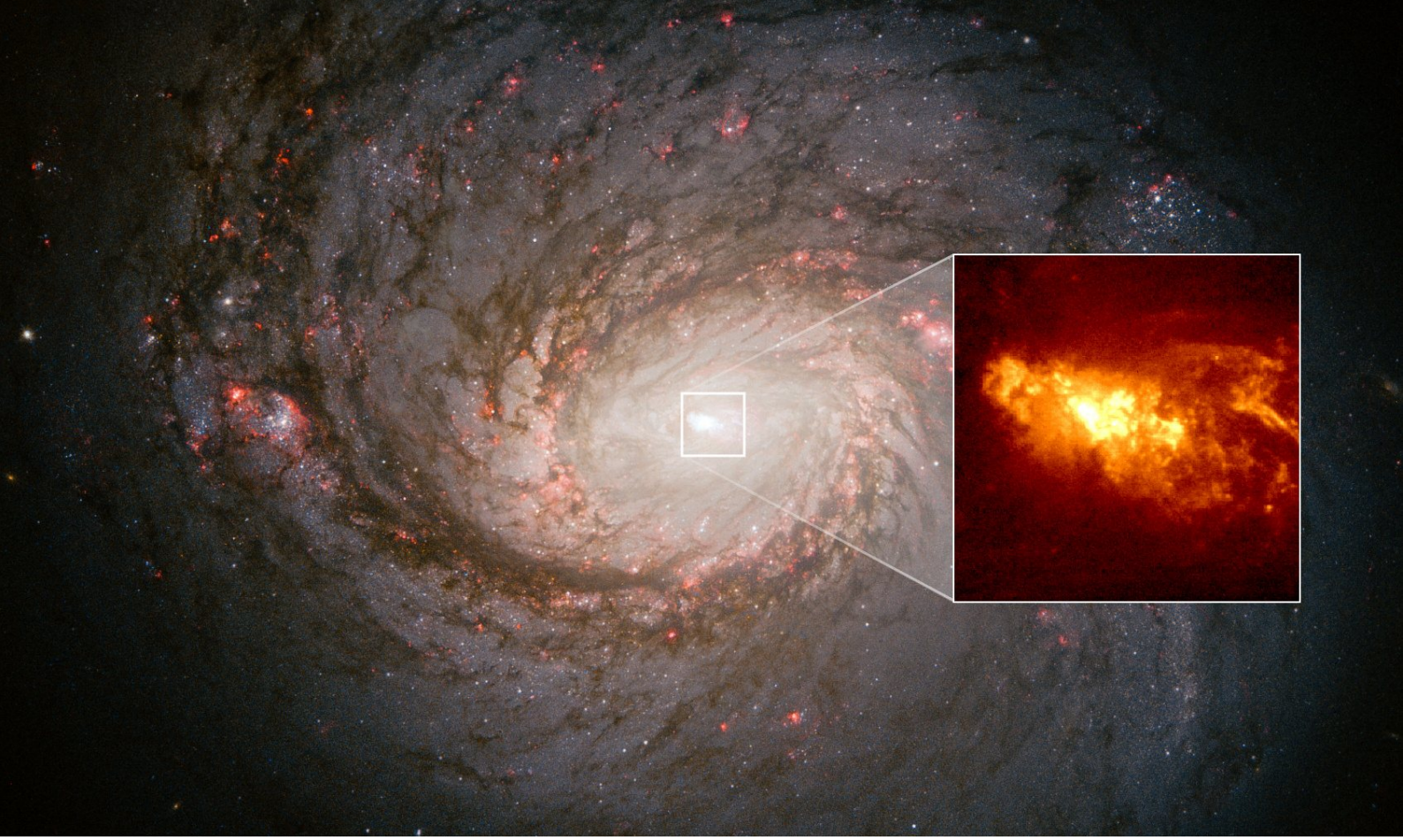
Cette vue d'artiste montre un gros plan de la planète b Centauri b, qui est en orbite autour d'un système binaire dont la masse est au moins six fois supérieure à celle du Soleil. Il s'agit du système stellaire le plus massif et le plus chaud à avoir été découvert à ce jour abritant une planète. La planète est dix fois plus massive que Jupiter et tourne autour du système à une distance 100 fois supérieure à celle de Jupiter autour du Soleil. [ESO/L. Calçada] Ci-dessus, le Very Large Telescope de l'ESO a capturé l'image d'une planète en orbite autour de Centauri, une paire d'étoiles visibles à l'œil nu. Découvrez pourquoi ce système planétaire voisin est extrême dans cette courte vidéo. [ESO]



fois plus massive que Jupiter, ce qui en fait l'une des planètes les plus massives jamais découvertes. De plus, elle se déplace autour du système stellaire sur l'une des orbites les plus larges jamais découvertes, à une distance 100 fois supérieure à la distance entre Jupiter et le Soleil. Cette grande distance par rapport à la paire d'étoiles centrale pourrait être la clé de la survie de la planète. Ces résultats ont été rendus possibles grâce à l'instrument de pointe SPHERE (Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch) installé sur le VLT de l'ESO au Chili. SPHERE a déjà réussi à imager plusieurs planètes en orbite autour d'étoiles autres que le Soleil. Il a notamment pris la toute première image de deux planètes en orbite autour d'une étoile semblable au Soleil.

Cependant, SPHERE n'était pas le premier instrument à imager cette planète. Dans le cadre de leur étude, les membres de l'équipe ont examiné les données d'archives sur le système b Centauri et ont découvert que la planète avait en fait été observée il y a plus de 20 ans par le télescope de 3,6 m de l'ESO, bien qu'elle n'ait pas été reconnue comme une planète à l'époque.

Grâce à l'ELT (Extremely Large Telescope) de l'ESO, qui devrait commencer ses observations dans le courant de la décennie, et aux améliorations apportées au VLT, les astronomes pourraient être en mesure d'en savoir plus sur la formation et les caractéristiques de cette planète. « *Ce sera une tâche fascinante que d'essayer de comprendre comment elle a pu se former, ce qui reste un mystère pour l'instant* », conclut Markus Janson. ■



Mini-jet découvert près de Sagittarius A*

by NASA/ESA
Ray Villard
revisé par Frédéric Thienpont

La galaxie spirale barrée voisine NGC 1068 sert d'exemple pour aider les astronomes à comprendre l'activité dynamique au centre de notre galaxie, la Voie Lactée, entraînée par les éruptions d'un trou noir supermassif. Puisque nous vivons à l'intérieur de la Voie Lactée, une grande partie de notre vision du centre galactique est bloquée par des nuages de gaz et de poussière interposés. Mais regarder à 47 millions d'années-lumière dans NGC 1068 donne aux astronomes une "vue à vol d'oiseau" d'explosions similaires de trous noirs. L'image en médaillon résout les nuages d'hydrogène aussi petits que 10 années-lumière de diamètre, à moins de 150 années-lumière du noyau. Les nuages brillent parce qu'ils sont capturés dans un "projecteur" de rayonnement émis par le trou noir de la galaxie, qui est plus grand et plus actif que le trou noir au cœur de notre galaxie. [NASA, ESA, Alex Filippenko (UC Berkeley), William Sparks (STScI), Luis C. Ho (KIAA-PKU), Matthew A Malkan (UCLA), Alessandro Capetti (STScI)]

Le trou noir central de notre Voie Lactée a une perte. Ce trou noir supermassif (Sagittarius A*) semble encore avoir les vestiges d'un jet semblable à un chalumeau datant de plusieurs milliers d'années. Le télescope spatial Hubble de la NASA n'a pas photographié le jet fantôme, mais il a aidé à trouver des preuves indirectes qu'il se pousse encore faiblement dans un énorme nuage d'hydrogène où il se dilate ensuite, comme le jet étroit d'un tuyau pointé dans un tas de sable. C'est une preuve supplémentaire que le trou noir, d'une masse de 4,1 millions de soleils, n'est pas un monstre endormi, mais "sanglote" périodiquement lorsque des étoiles et des nuages de gaz y tombent. Les trous noirs attirent la matière dans un disque d'accrétion en orbite tourbillonnante, où une partie de la matière qui tombe est aspirée dans des jets sortants qui sont alignés par les puissants champs magnétiques du trou noir. Les "faisceaux projecteurs" étroits sont accompagnés d'une onde de rayonnement ionisant mortel.

« *Le trou noir central est dynamiquement variable et est actuellement fermé* », a déclaré Gerald Cecil de l'University of North Carolina à Chapel Hill. Cecil a rassemblé, comme un puzzle, des observations à plusieurs longueurs d'ondes provenant de divers télescopes qui suggèrent que le trou noir éructe des mini-jets chaque fois qu'il avale quelque chose de

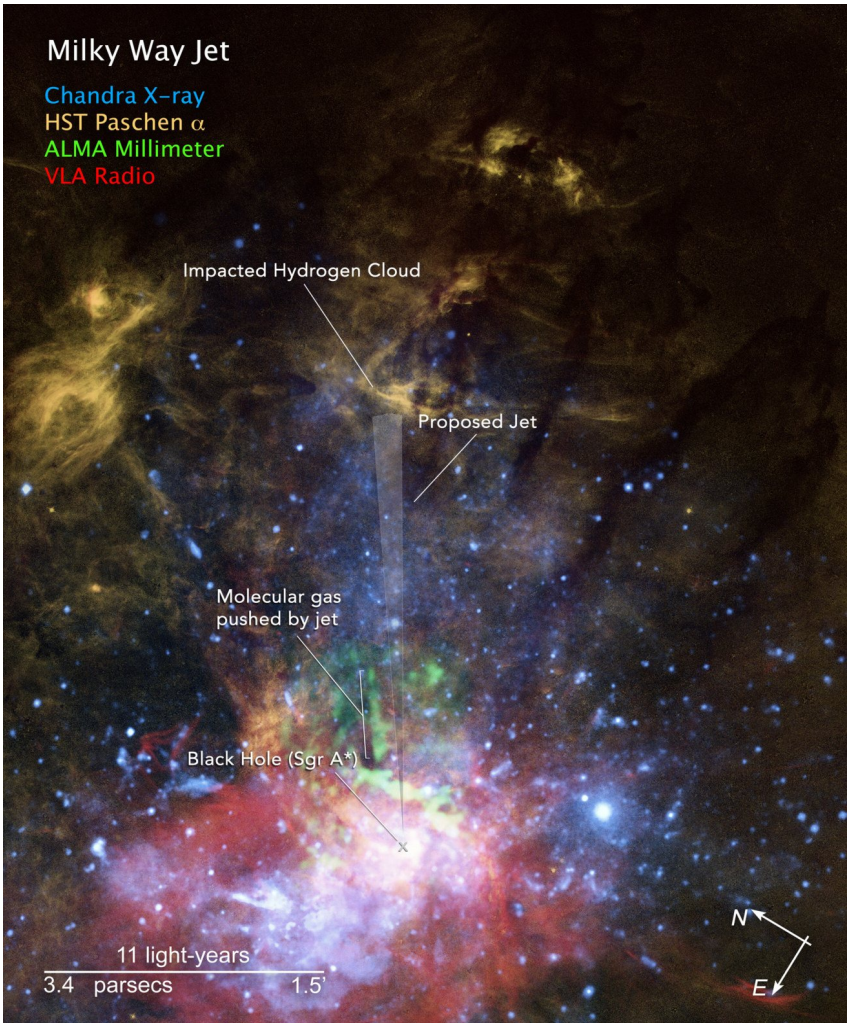
lourd, comme un nuage de gaz. Les recherches de son équipe internationale ont été publiées dans *The Astrophysical Journal*.

En 2013, les rayons X détectés par Chandra X-ray Observatory de la NASA et les ondes radio détectées par le télescope Jansky Very Large Array à Socorro, au Nouveau-Mexique, ont révélé une souche de jet sud près du trou noir. Ce jet semble également aspirer du gaz près du trou noir.

Cecil était curieux de savoir s'il y avait aussi un contre-jet nord. Il a d'abord examiné les spectres d'archives de molécules telles que l'alcool méthylique et le monosulfure de carbone de l'Observatoire ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), au Chili, qui utilise des longueurs d'ondes millimétriques pour scruter à travers des voiles de poussière interposés entre nous et le noyau galactique. ALMA a révélé une structure linéaire étroite et en expansion dans le gaz moléculaire, qui peut être retracée à 15 années-lumière du trou noir.

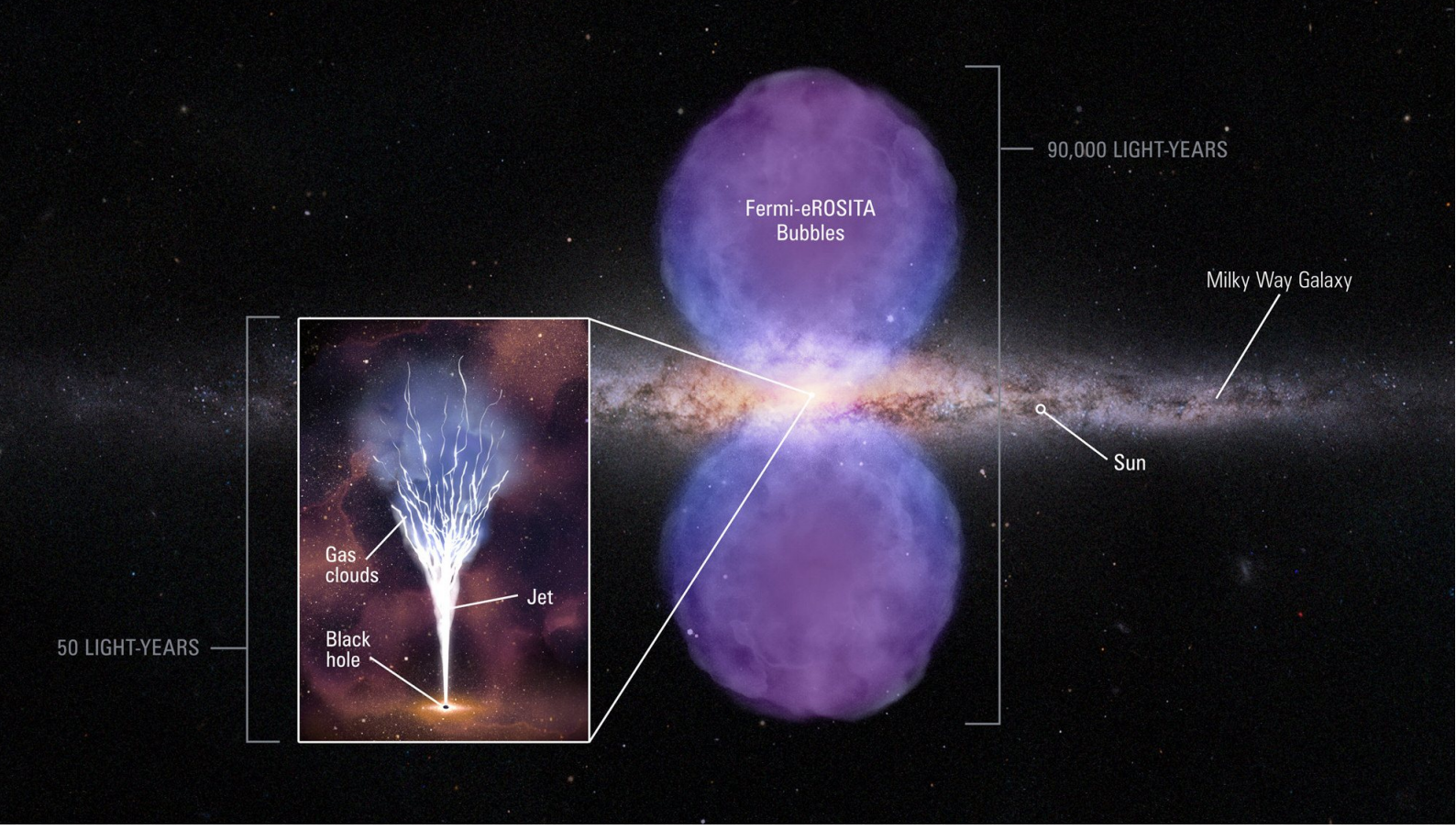
En reliant les points, Cecil a ensuite trouvé dans les images de longueur d'onde infrarouge de Hubble une bulle brillante et gonflée de gaz chaud qui s'aligne avec le jet à une distance d'au moins 35 années-lumière du trou noir. Son équipe suggère que le jet du trou noir y est entré, gonflant la bulle. Ces deux effets résiduels du jet en dissipation sont la seule preuve visuelle de son impact sur le gaz moléculaire.

Lorsqu'il souffle à travers le gaz, le jet frappe le matériel et se courbe le long de plusieurs courants. « *Les flux s'infiltrent à travers le disque de gaz dense de la Voie Lactée* », a déclaré le co-auteur Alex Wagner, de l'Université de Tsukuba, au Japon. « *Le jet diverge comme les tentacules d'une pieuvre.* » L'écoulement crée une série de bulles en expansion qui s'étendent jusqu'à au moins 500 années-lumière. Cette plus grande structure à "bulle de savon" a été cartographiée à différentes longueurs d'onde par d'autres télescopes. Wagner et Cecil ont ensuite produit des modèles au supercalculateur d'écoulements de jets dans un disque simulé de la Voie Lactée, qui reproduisait les observations.



Ceci est une vue composite des rayons X, du gaz moléculaire et du gaz ionisé chaud près du centre galactique. La région blanche verticale transparente, superposée à l'image, montre l'axe suggéré d'un mini-jet du TNSM de la galaxie. Les structures de couleur orange sont de l'hydrogène gazeux incandescent. L'un d'eux, sur la pointe supérieure du jet, est interprété comme un nuage d'hydrogène frappé par le jet sortant. Le jet se disperse depuis le nuage en volutes qui s'écoulent vers le nord. Plus bas, près du trou noir, se trouvent des observations aux rayons X de gaz surchauffé en bleu et de gaz moléculaire en vert. Ces données prouvent que le trou noir engloutit occasionnellement des étoiles ou des nuages de gaz et éjecte une partie de la matière surchauffée le long de son axe de rotation. [NASA, ESA, Gerald Cecil (UNC-Chapel Hill)]

« *Comme en archéologie, vous creusez et creusez pour trouver de plus en plus d'artefacts anciens jusqu'à ce que vous trouviez les vestiges d'une grande civilisation* », a déclaré Cecil. Conclusion de Wagner : « *Notre trou*



Ce schéma est basé sur des observations multi-longueurs d'ondes d'un jet suspect provenant du TNSM au centre de notre galaxie, montrée ici coupée, avec deux énormes bulles de plasma qui brillent en rayons gamma et X. Elles sont la preuve d'un événement explosif du trou noir d'il y a environ 2 millions d'années. En sondant profondément dans le noyau de la galaxie (panneau), les astronomes ont capturé avec Hubble un nuage rougeoyant d'hydrogène près du trou noir. L'interprétation est que le nuage a été frappé par un jet étroit de matériel disposé en colonne, qui a été éjecté du trou noir il y a à peine 2000 ans. Le trou noir est toujours actif, mais à une échelle de production d'énergie inférieure à celle des explosions connues auparavant. Lorsque le jet frappe la structure d'hydrogène, l'écoulement diverge comme les tentacules d'une pieuvre et se disperse le long d'une trajectoire hors de notre galaxie. [NASA, ESA, Gerald Cecil (UNC-Chapel Hill), Dani Player (STScI)]

noir central a clairement augmenté sa luminosité au moins 1 million de fois au cours des derniers millions d'années. C'était suffisant pour faire pénétrer un jet dans le halo galactique ». Les observations précédentes de Hubble et d'autres télescopes avaient trouvé des preuves d'une explosion vieille d'environ 2 à 4 millions d'années pour le trou noir de la Voie Lactée ; elle était assez énergique pour créer une immense paire de bulles dominant notre galaxie qui brillent maintenant dans les rayons gamma. Elles ont été découvertes pour la première fois par le télescope spatial à rayons gamma Fermi de la NASA en 2010 et sont entourées de bulles de rayons X découvertes en 2003 par le satellite ROSAT et entièrement cartographiées en 2020 par le satellite eROSITA.

Les spectres en lumière ultraviolette de Hubble ont été utilisés pour mesurer le taux d'expansion et la composition des lobes "a ballonnet". Les spectres de Hubble ont montré plus tard que l'explosion était suffisamment puissante pour illuminer une structure gazeuse, appelée Magellanic Stream, à approximativement 200 000 années-lumière du centre galactique. Le gaz brille encore aujourd'hui pour cet événement.

Pour avoir une meilleure idée de ce qui se passe, Cecil a regardé les images radio et Hubble d'une autre galaxie avec un écoulement d'un trou noir. Située à 47 millions d'années-lumière, la galaxie spirale active NGC 1068 a une série de bulles alignées le long d'un écoulement du TNSM très actif en son centre. Cecil a découvert que les échelles des structures radio et rayons X émergeant autant de NGC 1068 que de notre propre Voie Lactée sont très similaires. « *Une bulle de choc arquée au sommet de l'écoulement de NGC 1068 coïncide avec l'échelle du début de la bulle de Fermi dans la Voie Lactée. NGC 1068 pourrait nous montrer ce que faisait la Voie Lactée lors de sa grande montée en puissance, il y a plusieurs millions d'années.* »

La structure du jet résiduel est suffisamment proche du trou noir de la Voie Lactée pour devenir beaucoup plus importante quelques décennies seulement après la réactivation du trou noir. Cecil note que « *le trou noir n'a qu'à augmenter sa luminosité au centuple pendant ce temps pour remplir le canal du jet de particules émettrices. Ce serait bien de voir jusqu'où va le jet de cette explosion. Atteindre les bulles de Fermi dans les rayons gamma impliquerait que le jet se maintienne durant des centaines de milliers d'années, car ces bulles font chacune 50 000 années-lumière de diamètre !* » Des images de l'ombre du trou noir prises avec l'Event Horizon Telescope de la National Science Foundation pourraient révéler où et comment le jet est lancé. ■

Fédération Francophone d'Astronomes Amateurs de Belgique

FFAAB

Le Ciel pour passion

Née en 2006 de la volonté de clubs d'astronomes amateurs implantés à Bruxelles et en Wallonie de s'associer dans des projets communs, elle regroupe aujourd'hui 12 clubs, soit plus de 400 personnes.

La Fédération agit selon 3 axes :

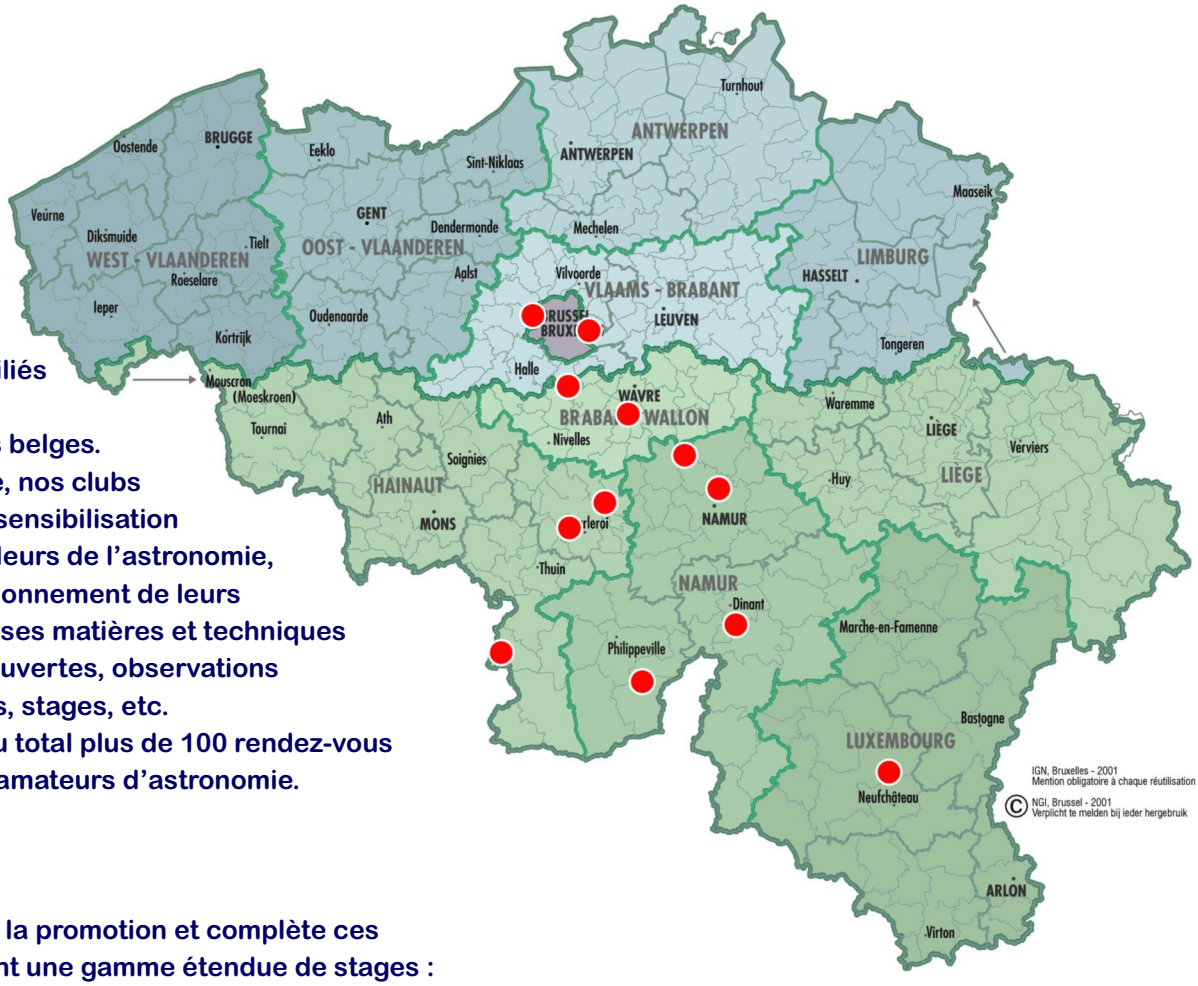
- vulgariser l'astronomie ;
- organiser des actions communes ;
- agir dans l'intérêt de ses membres.

La FFAAB noue des partenariats et organise des commandes groupées au bénéfice de ses membres.

Elle représente ses affiliés auprès des institutions régionales et fédérales belges.

Tout au long de l'année, nos clubs prennent en charge la sensibilisation du grand public aux valeurs de l'astronomie, l'initiation et le perfectionnement de leurs membres aux nombreuses matières et techniques par le biais de portes ouvertes, observations publiques, conférences, stages, etc.

Chaque année, c'est au total plus de 100 rendez-vous qui sont proposés aux amateurs d'astronomie.



La FFAAB en assure la promotion et complète ces efforts en proposant une gamme étendue de stages :

Filière	Nom du stage		En quelques mots
Astronomie	Pass'Astro		Que peut-on voir ? Quand ? Avec quoi ? Comment ?
	Montreurs d'étoiles	Ciel	Approfondissement des connaissances sur le sujet Matériel pédagogique Techniques d'animations d'ateliers
		Soleil	
		Lune	
		Planètes	
Météorologie	Pass'Météo		Notions de base , prévisions
Astrophotographie	Grand champ		Sur trépied : Ambiance nocturne
	Ciel profond		Au télescope : Amas, nébuleuses, galaxies
Informatique	Pass'Info		Les bases matérielles et logicielles
	Excel		Fonctions de calculs et graphiques
	Geogebra		Solution d'équations, représentation de fonctions
	Powerpoint		Pour de belles présentations efficaces
Mathématiques	Récréations astromathématiques		(Re-)Faire avec plaisir des maths en (re-)faisant de l'astro, et réciproquement

En plus de ce qui est organisé dans les clubs et des stages de la FFAAB, des événements récurrents sont planifiés à date commune. Ainsi, en 2020, sont à l'agenda :

- Journée Découverte de l'astronomie : 28 mars
- Nuits des étoiles filantes d'été : du 1er au 15 août
- Nuit de l'obscurité : 10 octobre
- Nuit des étoiles filantes d'hiver : 12 et 13 décembre

Pour plus d'informations et pour nous suivre : https://www.ffaab.be/ https://www.facebook.com/groups/FFAABgroupe/

Pour nous contacter : info@ffaab.be

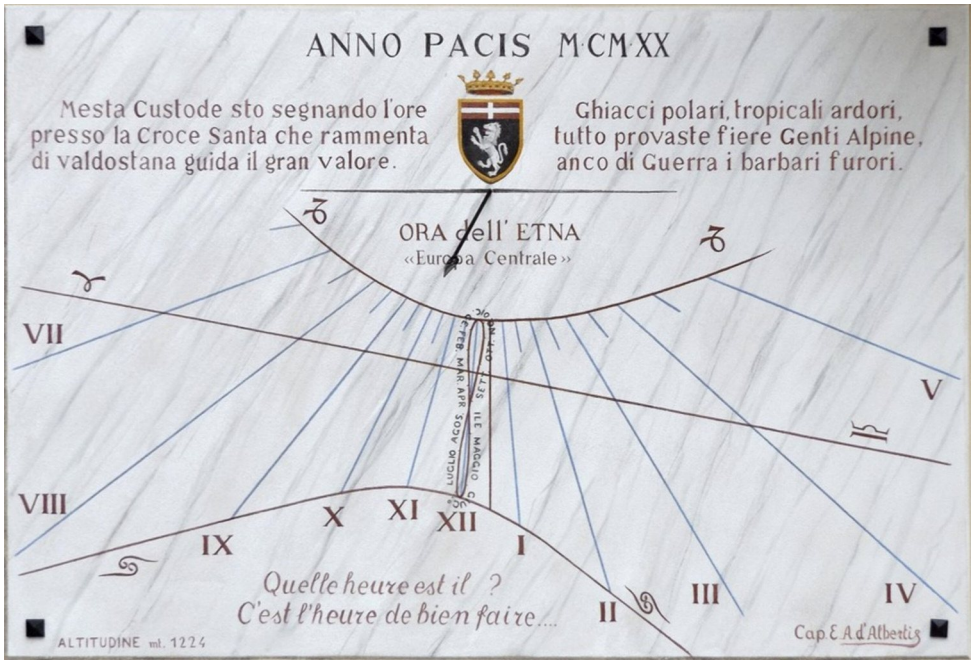
Le cadran solaire, de l'antiquité au tracé par ordinateur

par François Blateyron

Les civilisations anciennes ont toujours eu un lien particulier avec le ciel et les astres, et en particulier avec le Soleil. En plus de nous éclairer, de nous chauffer et de prodiguer l'énergie pour faire pousser les plantes nécessaires à l'alimentation, le Soleil fournit une base de temps, permettant aux hommes de mesurer le temps qui s'écoule. Les anciens comptaient 12 heures entre le lever et le coucher du Soleil, une mesure pratique pour les travaux dans les champs, mais dont la durée

Magnifique cadran au collège All Souls à Oxford (Royaume-Uni). Les cadrans solaires sont souvent le support à l'expression artistique de leur créateur. [Photo FB]

Cadran solaire multiple à l'entrée d'honneur du Gonville et Caius College, Cambridge, Royaume-Uni.



Le cadran solaire vertical de Maison Guedoz, Place Abbé Henry, à Courmayeur (Italie), conçu et construit par le capitaine Enrico Alberto D'Albertis en 1920. Détérioré par le passage du temps et les transformations urbaines, ce cadran solaire a été restauré en 2017 sur la base des dessins originaux. Parmi les quinze cadrans solaires présents dans le territoire de Courmayeur, c'est certainement celui qui a la plus grande importance historique. [Photo MF]

était variable entre l'été et l'hiver. La direction du lever permettait de se repérer dans les saisons et de savoir quand semer ou récolter.

Un simple bâton planté verticalement dans le sol horizontal permet déjà de repérer la direction du lever et du coucher de Soleil et de compter les heures dans la journée. C'est le gnomon, l'ancêtre des cadrans solaires. L'origine des cadrans solaires se perd dans le temps et remonte probablement à plus de 2000 ans. Après le simple gnomon, les premiers cadrans ont pris la forme d'une sphère creusée dans la pierre, appelée scaphé, dont les lignes horaires étaient espacées de 15° (360°/24h), ou bien d'un cadran vertical à style droit permettant de repérer les heures de prière, appelé cadran canonial. Puis les cadrans se sont sophistiqués, avec l'apparition du style polaire, des heures babyloniques et italiques, des arcs diurnes et de nombreuses autres façons de marquer certaines informations dépendant du Soleil.

Certains pays se distinguent par le grand nombre de cadrans solaires anciens qui y ont été créés : l'Italie, la France, l'Angleterre, notamment. La plupart sont aujourd'hui restaurés et sont vus comme de véritables éléments du patrimoine architectural et artistique des villes. Il suffit de passer quelques jours à Oxford en Angleterre, à Saint-Véran dans les Alpes françaises, à Prague en République tchèque ou dans de nombreuses villes italiennes pour voir de magnifiques cadrans solaires à tous les coins de rue.

Plusieurs musées célèbres possèdent de très belles col-

Un cadran fantaisie, peint sur bois, dont le style est l'un des bâtons de ski ! Vallée de Pragelato, près de Sestrières (Italie). [Photo FB]

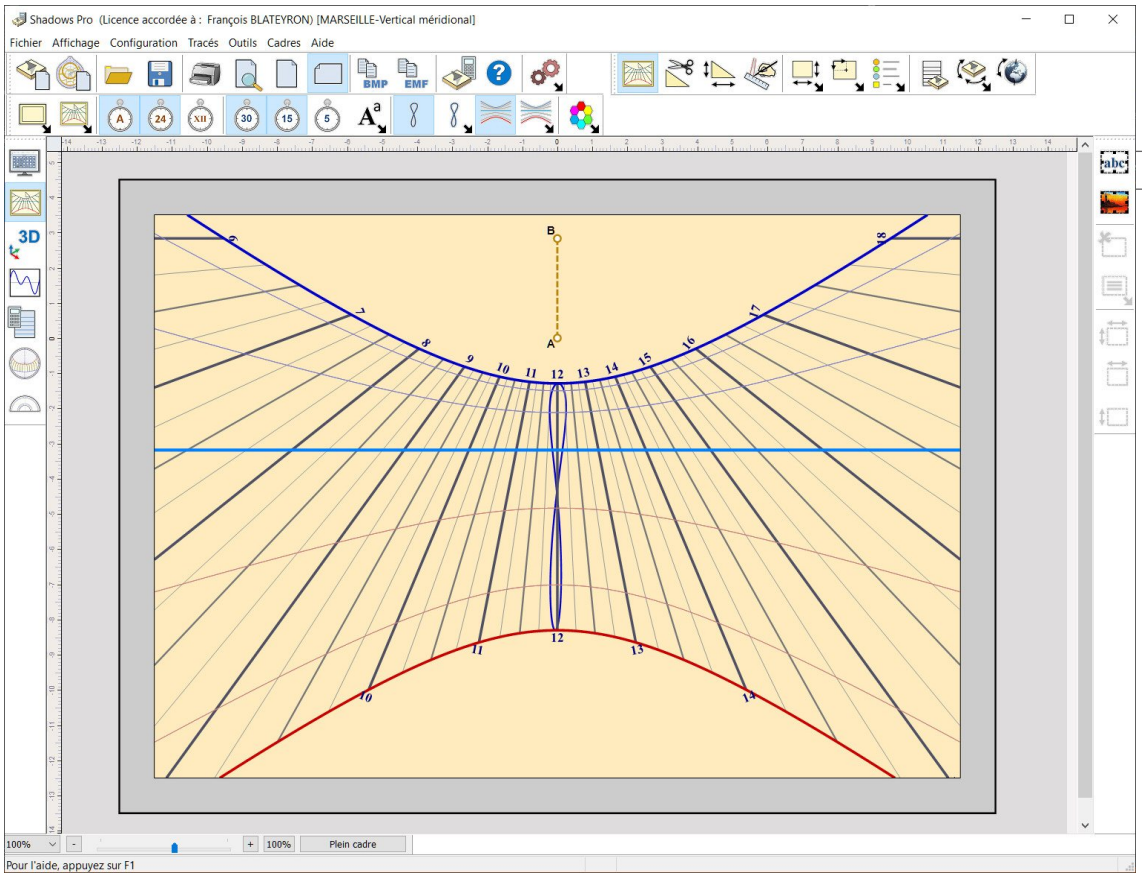
Le cadran solaire du Palais de Justice à Besançon, près de la place Saint-Pierre. Cette méridienne est en fait un cadran vertical déclinant du matin.

lections de cadrans portatifs ou décoratifs. Le musée du Louvre ou le Conservatoire national des arts et métiers à Paris, le musée Galilée à Florence, le musée de la marine à Madrid, le planétarium Adler à Chicago, l'observatoire de Greenwich en Angleterre, le musée des sciences de Munich en Allemagne… À chaque fois, ces collections émerveillent et suscitent l'in- térêt et l'admiration.

Passés un peu dans l'oubli depuis le 19e siècle, avec la généralisation des montres et horloges mécaniques, les cadrans solaires passionnent à nouveau le public, grâce notamment aux logiciels et aux outils de tracé et de découpe informatisés. De plus en plus de particuliers en installent un chez eux, notamment dans certaines régions comme dans les Alpes françaises et italiennes. C'est l'un des rares sujets qui rassemble la science et l'art ou l'artisanat, voire même la philosophie avec les devises qui interpellent souvent le passant sur sa vie et le temps qui passe.

Les livres édités sur le sujet sont nombreux depuis une trentaine d'année, qu'ils soient techniques voire mathématiques, ou simplement de beaux livres de photos permettant, par exemple, de découvrir les nombreux cadrans solaires du Queyras ou des Hautes Alpes. Les archives disponibles en ligne permettent, en outre, de se plonger dans les écrits anciens en téléchargeant de beaux livres du 17e ou 18e siècle et découvrir les méthodes géométriques richement illustrées de gravures à la main.

S'il est possible de calculer à la main un cadran solaire horizontal ou vertical méridional, il devient un peu plus délicat de tracer précisément un cadran vertical déclinant, de tracer les heures sidérales ou les analemmes. Nombreuses sont les personnes rêvant de fabriquer elles-mêmes un cadran solaire, pour leur jardin ou la façade de leur maison, et exprimer leurs talents en peinture, en décoration, en travail du bois ou du métal, etc., mais qui re-



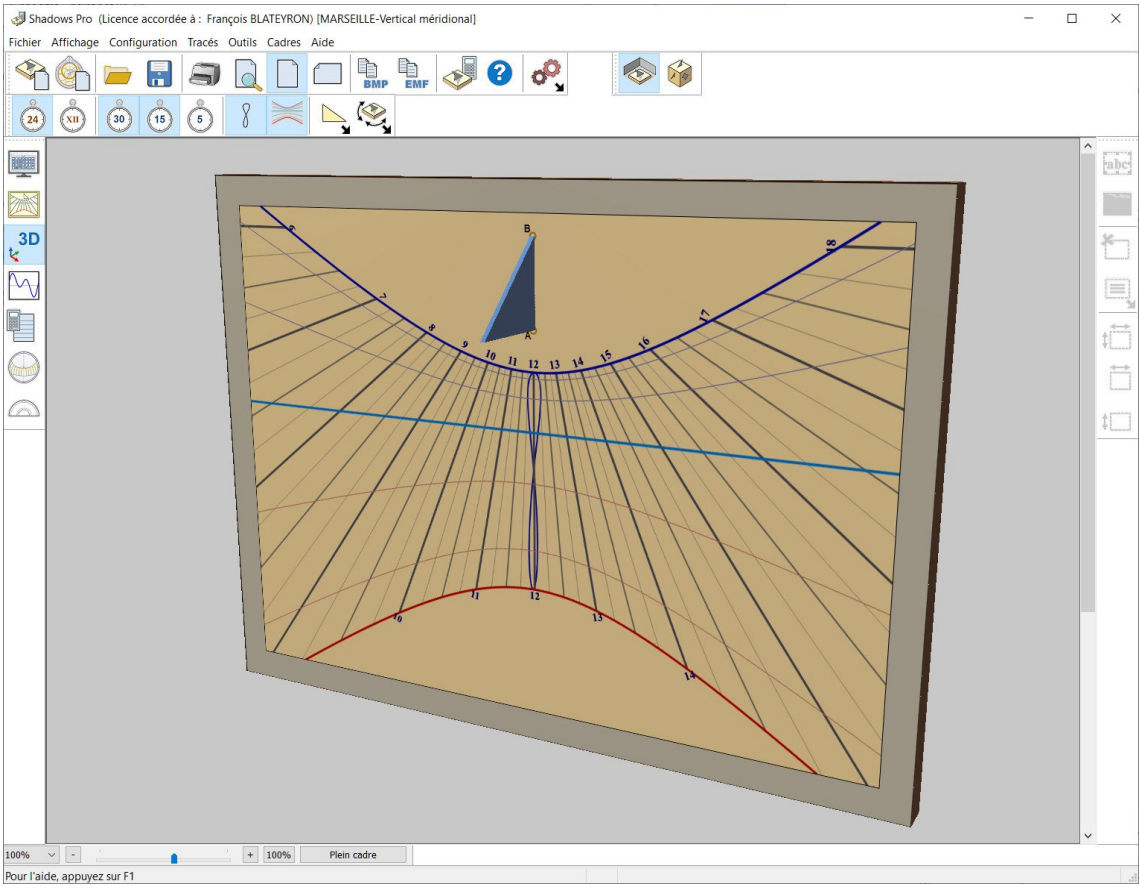
noncent face à la difficulté technique que représente le calcul des lignes horaires. Le public pense souvent qu'un cadran doit être orienté au sud, mais il est possible d'en créer pour tout support, même non plan, avec n'importe quelle orientation ou inclinaison. Mais cela nécessite des calculs et des connaissances spécifiques.

Heureusement, des logiciels viennent à la rescousse, et en particulier le logiciel gratuit Shadows, une référence depuis de nombreuses années.

Shadows est un logiciel pour Windows et il se charge de tous les calculs, des tracés à l'échelle 1 et permet à l'utilisateur de se concentrer sur ses talents de réalisation à partir des plans imprimés.

Shadows propose de nombreux types de cadrans solaires, classiques, analemmatiques, bifilaires, cylindriques, valables pour tout lieu sur Terre. Le logiciel fournit d'ailleurs une base de données de plus de 5000 lieux prédéfinis avec leur latitude, longitude et fuseau horaire, et permet bien-sûr l'ajout de nouveaux lieux, car un cadran solaire doit être conçu pour une latitude précise. Un tel cadran personnalisé conçu pour son lieu d'habitation est bien plus intéressant qu'un cadran industriel acheté dans le commerce. Le processus de création d'un cadran dans Shadows est simplissime. Une fois le lieu choisi dans la liste, le cadran est affiché à l'écran et l'utilisateur n'a plus qu'à le configurer en changeant

Un cadran tracé dans le logiciel Shadows pour la ville de Marseille. Ci-dessus, le tracé à plat ; à droite, la vue 3D animée. Les options sont pilotées par les icônes et les menus.



À gauche, un cadran vertical réalisé par Heiko De Jong pour sa maison aux Pays-Bas, avec le logiciel Shadows. Ci-dessous, cadran en bois peint, réalisé par Mark Mills à Springfield (IL, USA), avec le même logiciel.

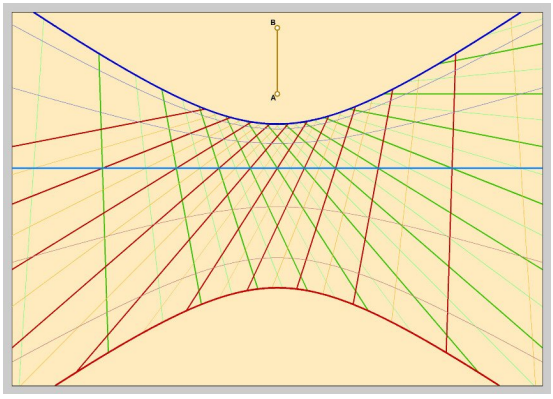
sa taille et ses options de tracé, en le décorant à l'aide de cliparts ou d'images et en l'agrémentant éventuellement d'une devise personnalisée ou choisie dans la longue liste fournie avec le logiciel.

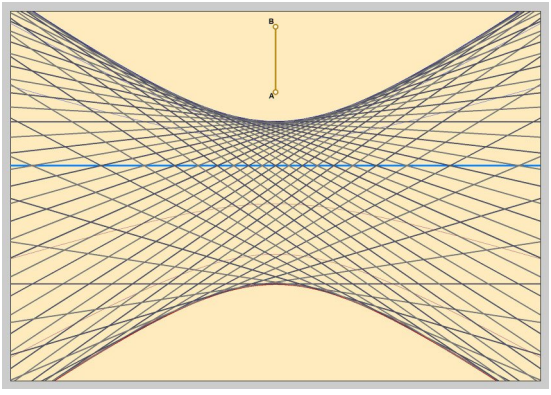
Le résultat peut alors être imprimé à l'échelle, éventuellement sur plusieurs feuilles. Pour les cadrans de grande taille, les coordonnées des points sont fournies dans des tables compatibles Excel. Les tracés peuvent également être exportés au format vectoriel (EMF) pour pouvoir les retravailler sous Corel Draw ou Adobe Illustrator, ou en format DXF, compatible avec les logiciels de CAO, pour piloter une machine à graver.

L'ordinateur peut faire beaucoup, mais il faudra tout de même que l'utilisateur réalise lui-même le travail pratique de transfert du tracé sur le matériau définitif, ainsi que l'assemblage du style et la mise en place sur la façade de la maison ou sur une colonne dans le jardin. Mais la fierté du travail réalisé sera là et permettra le partage avec les proches.

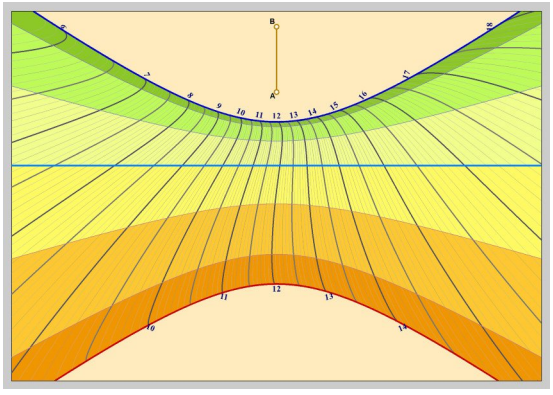
La galerie des cadrans solaires des utilisateurs permet de se rendre compte de la diversité des tracés et des matériaux. On y trouve des cadrans horizontaux, des cadrans verticaux de toute orientation, des sphères armillaires, des cadrans portatifs de berger, etc.

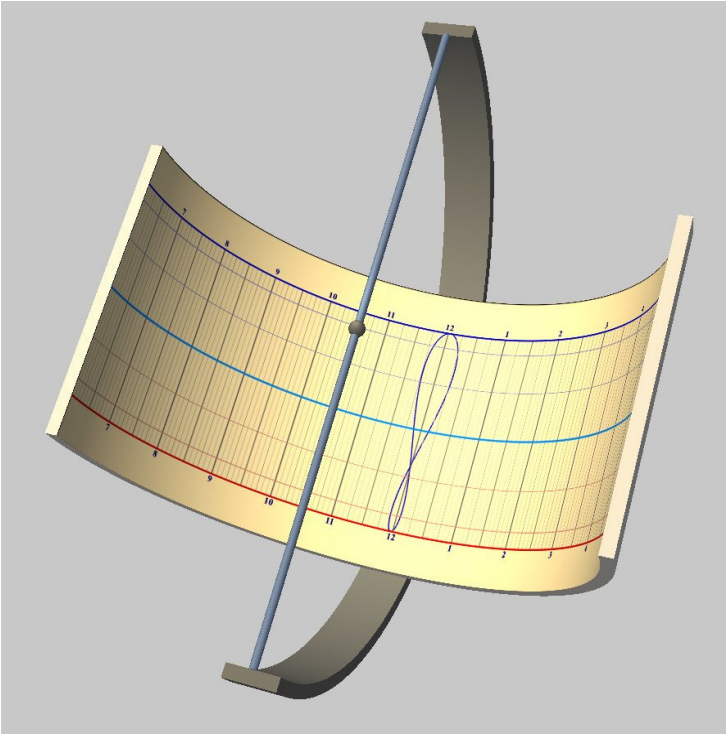
On voit combien le talent de certains peut s'exprimer une fois que la difficulté liée aux calculs est levée par le logiciel. D'ailleurs, ce ne sont pas seulement des particuliers qui utilisent Shadows, mais également des instituteurs et professeurs dans leurs écoles pour illustrer des projets sur la mécanique céleste ou le système solaire, et aussi des cadraniers profession-

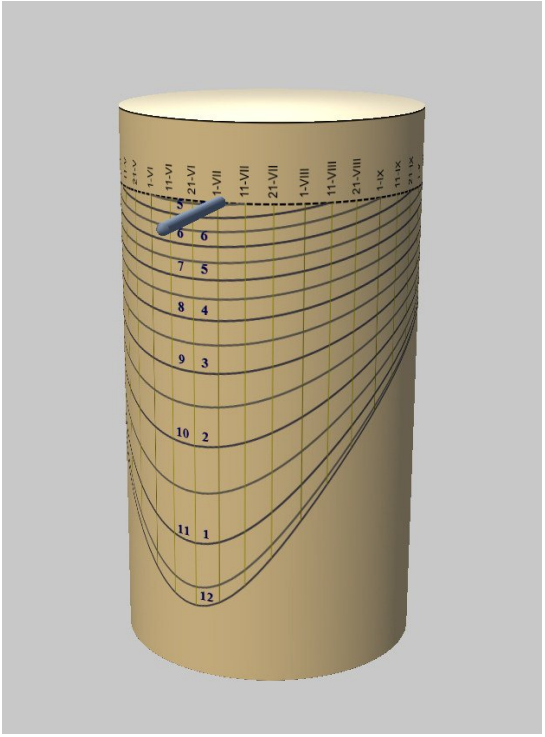




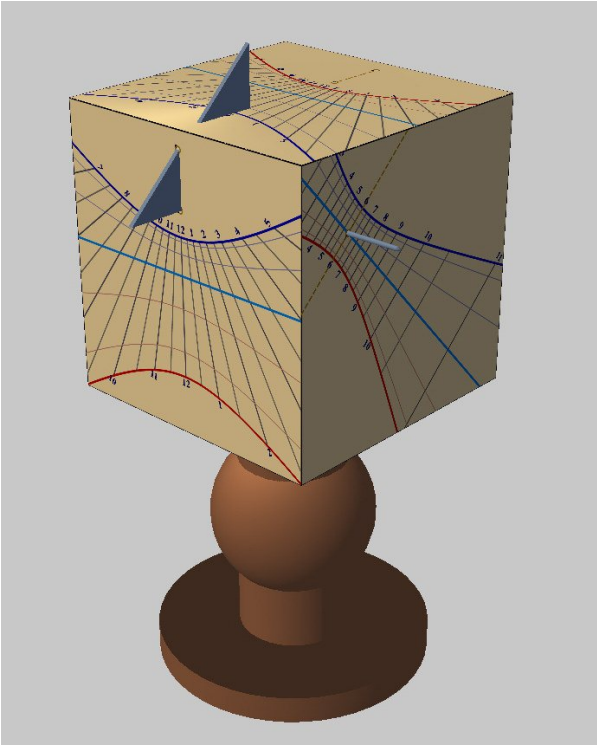
Ci-dessus, heures italiques (vert) et babyloniques (rouge). À gauche, heures sidérales. À droite, temps moyen et coloriage des arcs diurnes.







Ci-dessus, couronne armillaire avec style polaire. En haut à droite, cadran cylindrique de berger. Ci-contre, cadran multiple sur cube (5 cadrans).

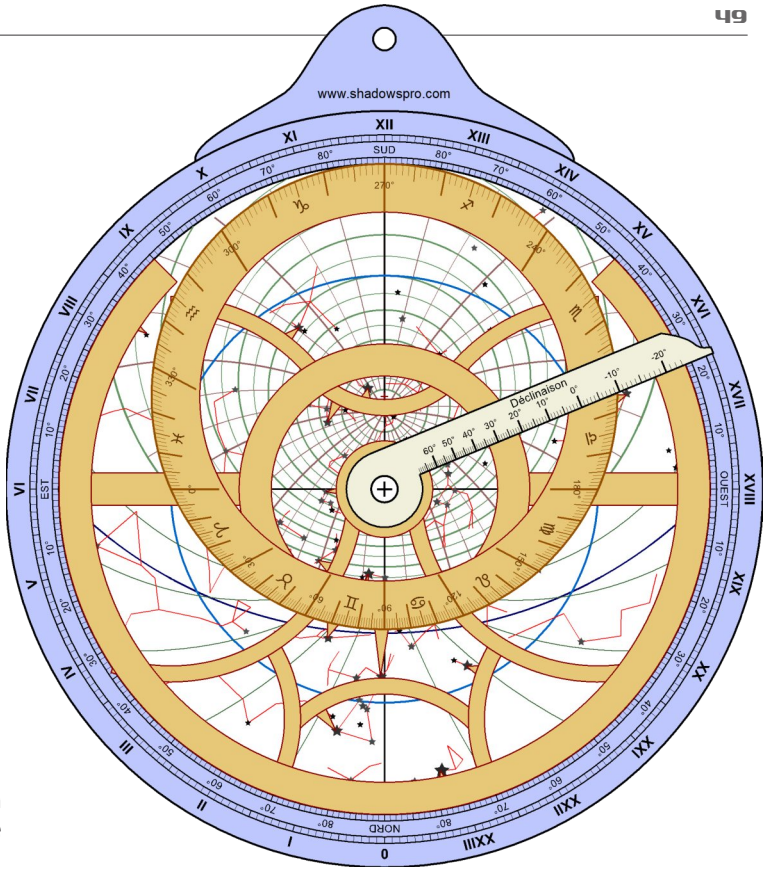


nels qui réalisent des cadrans solaires en pierre gravée, en fer forgé ou en fresque. Le logiciel Shadows est utilisé autour du monde grâce à sa traduction en 17 langues et son manuel utilisateur de plus de 130 pages, traduit lui-même en 7 langues, et qui est téléchargeable gratuitement sur le site du logiciel.

Shadows existe depuis 1997, accessible sur Internet depuis le début. Il a été primé en 2005 par la médaille Julien Saget décerné par la Société Astronomique de France. Le logiciel a constamment évolué au fil du temps, au gré des demandes des utilisateurs, s'enrichissant progressivement, pour devenir aujourd'hui la référence incontestée pour tous les amateurs gnomonistes. Fin 2021, la nouvelle version 5.0 introduit la visualisation 3D animée à l'écran, de quoi augmenter le potentiel pédagogique du logiciel et ouvrir la porte de l'impression 3D.

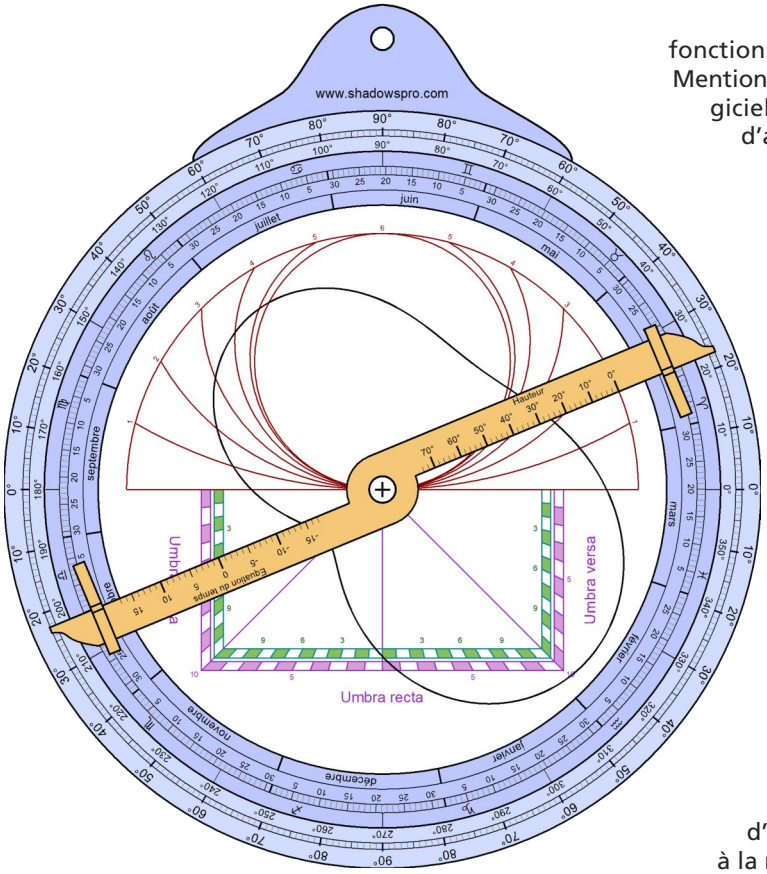
Les cadrans solaires sont fascinants et l'on peut s'amuser à simuler et animer l'ombre du style sur le cadran, à l'écran, en fonction de l'heure dans la journée ou du jour dans l'année. Cela aide à comprendre l'effet de l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre ou de l'excentricité de l'orbite terrestre.

Outre les tracés directement liés aux cadrans solaires, le logiciel Sha-



À droite, face d'un astrolabe planisphérique, avec son araignée et sa règle mobiles. Ci-dessous, dos de l'astrolabe, avec l'alidade et le carré des ombres.

dows propose éga lement des éphémérides complètes à l'année, calculées pour un jour ou pour un instant précis. Le graphe solaire permet de visualiser l'azimut et la hauteur du Soleil au cours de l'année en fonction de l'heure, et d'y superposer un masque d'horizon afin de prévoir les moments où des obstacles vont mettre l'observateur (ou le cadran) dans l'ombre. Cet outil est utilisé par des architectes pour optimiser l'orientation des pièces de vie d'un logement. Les astronomes amateurs pourront s'intéresser aux éphémérides, mais également à la carte du ciel, tracée en fonction du lieu et de l'heure. Bref, un grand nombre de fonctionnalités de nature pédagogique ou pratique. Mentionnons enfin l'autre caractéristique inédite du logiciel Shadows : sa capacité à simuler trois types d'astrolabes à l'écran, dont le superbe astrolabe planisphérique dont tous les éléments peuvent être configurés et manipulés à la souris. Un moyen très simple également de se fabriquer un astrolabe fonctionnel.



Le logiciel peut être téléchargé depuis le site https://www.shadowspro.com. Sa version de base est gratuite. Elle est fournie avec un manuel utilisateur complet et illustré en PDF, qui permet de découvrir l'ensemble des fonctionnalités et de comprendre la gnomonique. Les amateurs intéressés peuvent passer ensuite aux niveaux Shadows Expert ou Shadows Pro, moyennant l'achat d'une licence à prix modique (20 € ou 50 €).

Les astronomes amateurs qui passent leur nuit à observer et photographier le ciel profond peuvent donc rester en lien avec les astres et la mécanique céleste en s'intéressant aux cadrans solaires et aux astrolabes, le jour, ou quand la météo n'est pas favorable. Un autre sujet d'intérêt et d'émerveillement de l'intelligence humaine face à la richesse de l'Univers. ■

Une sous-Terre ultra légère et ultra rapide a été découverte

par IAC - Outreach Unit
revisé par Frédéric Thienpont

Une équipe internationale, qui comprend des chercheurs de l'Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), a découvert une exoplanète avec la moitié de la masse de la Terre prenant environ huit heures pour orbiter autour de son étoile mère, une naine rouge à un peu moins de 31 années-lumière de la Terre. Appelée GJ 367 b, c'est l'une des plus légères des quelque 5000 exoplanètes connues aujourd'hui. Avec un diamètre d'un peu plus de 9000 kilomètres, cette sous-Terre est légèrement plus grande que Mars. La découverte démontre non seulement qu'il est possible de déterminer avec précision l'existence d'exoplanètes plus petites et moins massives, mais fournit également une clé pour comprendre comment les planètes terrestres se forment et évoluent. L'étude a été publiée dans la revue Science.

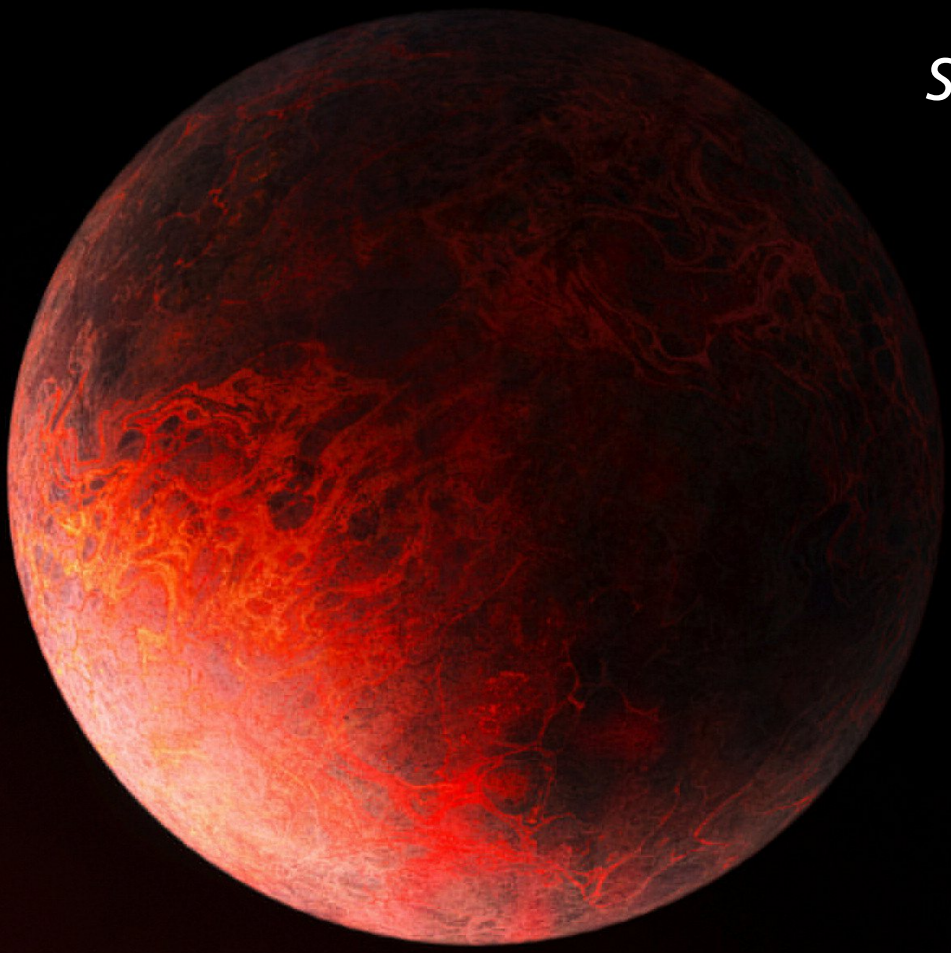
Un quart de siècle après la première découverte d'une exoplanète, l'attention s'est portée sur la caractérisation plus précise de ces planètes, ainsi que sur de nouvelles découvertes. À l'heure actuelle, il est possible de construire un profil fiable pour la plupart des exoplanètes connues. Beaucoup d'entre elles ont été découvertes en utilisant la méthode du transit : mesurer les minuscules différences dans la lumière émise (la magnitude apparente) d'une étoile lorsqu'une planète passe devant elle (par rapport à l'observateur). Aussi GJ 367 b a été découverte en utilisant cette méthode, avec l'aide du Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) de la NASA.

Avec une période orbitale d'un tiers de jour terrestre seulement, GJ 367 b est un "sprinter". « *Suite à la détermination précise de son rayon et de sa masse, GJ 367b est classée comme une planète rocheuse* », affirme Kristine Lam, de l'Institute of Planetary Research au German Aerospace Center. « *Cela la place parmi les planètes de type terrestre, mais avec des dimensions sous-terrestres et pousse la recherche un peu plus loin, vers la découverte d'une 'deuxième Terre'.* »

GJ 367 b appartient au groupe des exoplanètes à "période ultracourte" (USP) qui orbitent autour de leur étoile en moins de 24 heures. « *Nous connaissons déjà certaines d'entre elles, néanmoins leurs origines sont actuellement inconnues* », a déclaré Savita Mathur, chercheuse à l'IAC et co-auteur de l'article. De plus, compte tenu de la période de rotation de 48 jours de l'étoile, « *c'est un système très intéressant pour étudier et comprendre l'évolution dynamique de petites planètes rocheuses avec des orbites similaires* », explique le chercheur.

Suite à la découverte de cette planète par TESS par la méthode des transits, le spectre de son étoile a ensuite été étudié depuis le sol par la méthode des vitesses radiales. Cette technique consiste à mesurer les changements de position et de vitesse d'une étoile en orbite autour du centre de masse partagé avec la planète. La variation provoquée par la force gravitationnelle des deux objets se traduit par un décalage des raies spectrales de l'étoile observée. Dans le cas de GJ 367 b, la masse a été déterminée à l'aide de l'instrument HARPS sur le télescope de 3,6 m de l'European Southern Observatory.

Grâce à une étude minutieuse et à la combinaison de différentes méthodes d'évaluation, le rayon et la masse de



Simulation graphique de la planète sous-terrestre GJ 367 b. [DLR]

la planète ont été déterminés avec précision : son rayon est de 72 % du rayon de la Terre et sa masse de 55 % de la masse de la Terre. En déterminant le rayon et la masse avec une précision de respectivement 7 et 14 %, les chercheurs ont également pu tirer des conclusions sur la structure interne de l'exoplanète. C'est une planète rocheuse de petite masse, mais avec une densité plus élevée que la Terre. « *La densité élevée indique que la planète est dominée par un noyau de fer* », a expliqué Szilárd Csizmadia, co-auteur de l'article. « *Ces propriétés sont comparables à celles de Mercure, avec son noyau de fer et de nickel disproportionné, ce qui le différencie des autres corps terrestres du système solaire.* »

Cependant, la proximité de la planète avec son étoile signifie qu'elle est exposée à un niveau de rayonnement extrêmement élevé, plus de 500 fois plus intense que ce que subit la Terre. « *La température de surface pourrait atteindre jusqu'à 1500° Celsius, une température à laquelle toutes les roches et tous les métaux seraient fondus. GJ 367 b ne peut donc pas être considéré comme une 'seconde Terre'* », note Enric Pallé, chercheur à l'IAC qui a participé à l'étude.

L'étoile mère de cette exoplanète nouvellement découverte, GJ 367, précisément parce qu'elle ne fait qu'environ la moitié de la taille du Soleil, a offert un avantage dans la découverte de la planète, puisque le signal de transit est particulièrement important. « *Les naines rouges sont non seulement plus petites, mais encore plus froides que le Soleil. Cela rend les planètes associées plus faciles à trouver et à caractériser* », a déclaré Felipe Murgas, co-auteur de l'article de l'IAC.

Les naines rouges sont parmi les objets stellaires les plus courants dans notre voisinage cosmique et sont en conséquence des cibles appropriées pour la recherche d'exoplanètes. Les astronomes estiment que ces naines rouges, également appelées "étoiles de classe M", peuvent héberger deux à trois planètes en moyenne, dont chacune ne fait pas plus de quatre fois la taille de la Terre. ■

La paire de trous noirs supermassifs la plus proche de la Terre

par ESO - Thierry Botti

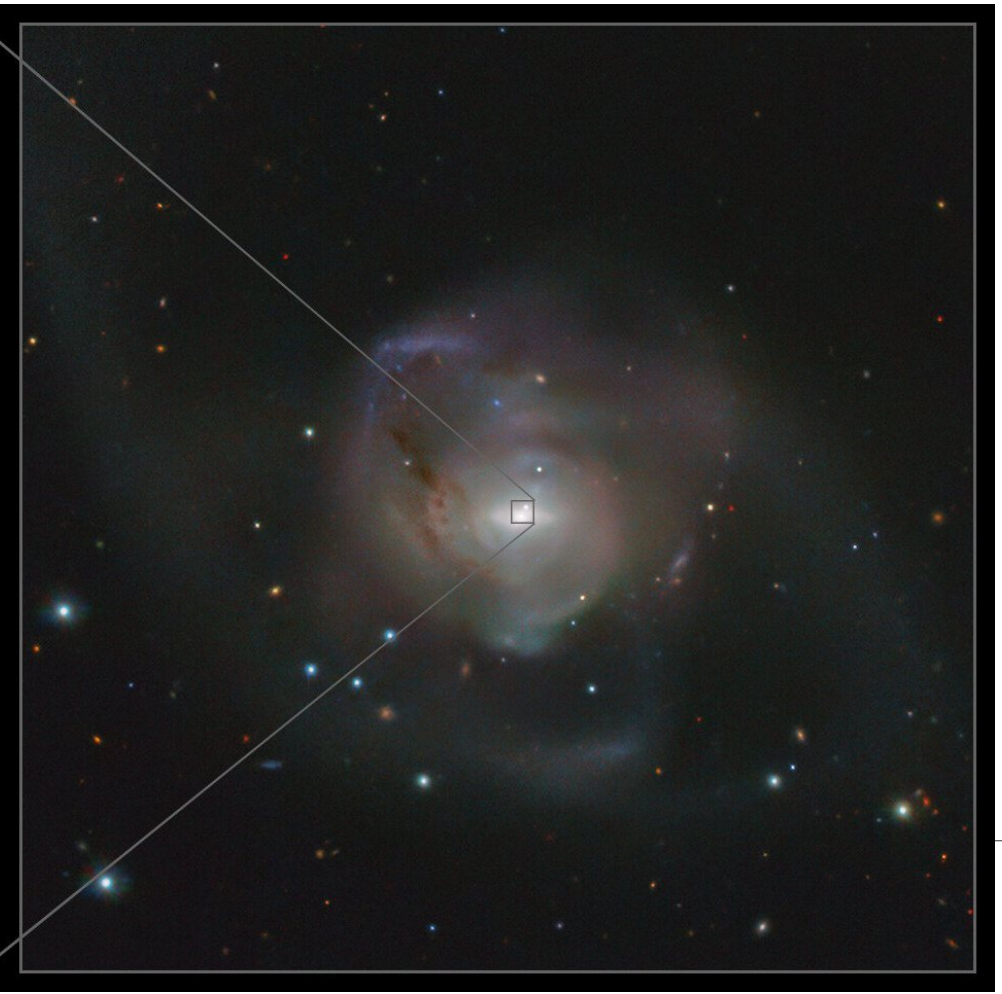
Grâce au Very Large Telescope de l'Observatoire Européen Austral (VLT de l'ESO), des astronomes ont révélé la paire de trous noirs supermassifs la plus proche de la Terre jamais observée. Les deux objets sont également beaucoup moins éloignés l'un de l'autre que n'importe quelle autre paire de trous noirs supermassifs repérée précédemment et finiront par fusionner en un seul trou noir géant. Situé dans la galaxie NGC 7727, dans la constellation du Verseau, le couple de trous noirs supermassifs se trouve à environ 89 millions d'années-lumière de la Terre.

Bien que cette distance puisse sembler éloignée, elle dépasse de loin le précédent record de 470 millions d'années-lumière, ce qui fait de cette nouvelle paire de trous noirs supermassifs la plus proche de nous à ce jour. Les trous noirs supermassifs se cachent au centre des galaxies massives et lorsque deux de ces galaxies fusionnent, les trous noirs finissent par entrer en collision. Le couple de NGC 7727 a battu le record de la plus petite distance séparant deux trous noirs supermassifs, puisqu'ils sont observés à seulement 1600 années-lumière de distance dans le ciel. « *C'est la première fois que nous trouvons deux trous noirs supermassifs aussi proches l'un de l'autre, moins de la moitié de la distance qui séparait le précédent détenteur du record* », explique Karina Voggel, astronome à l'Observatoire de Strasbourg (France) et auteur principal de l'étude publiée dans *Astronomy & Astrophysics*. « *La faible séparation et la vitesse des deux trous noirs indiquent qu'ils vont fusionner en un seul trou noir colossal, probablement dans les 250 millions d'années à venir* », ajoute le co-auteur Holger Baumgardt, professeur à l'université du Queensland, en Australie. La fusion de trous noirs comme ceux-ci pourrait expliquer comment les trous noirs les plus massifs de l'Univers ont vu le jour. Karina Voggel et son équipe ont pu déterminer les masses des deux objets en observant comment la force gravitationnelle des trous noirs influence le mouvement des étoiles qui les entourent. Le plus

Cette image montre des vues rapprochée (à gauche) et à grand champ (à droite) des deux noyaux galactiques lumineux, chacun abritant un trou noir supermassif, dans NGC 7727, une galaxie située à 89 millions d'années-lumière de la Terre dans la constellation du Verseau. Chaque noyau est constitué d'un groupe dense d'étoiles avec un trou noir supermassif en son centre. L'image de gauche a été prise avec l'instrument MUSE sur le Very Large Telescope (VLT) de l'ESO à l'Observatoire Paranal au Chili, tandis que celle de droite a été prise avec le VLT Survey Telescope de l'ESO. [ESO/Voggel et al.; ESO/VST ATLAS team. Acknowledgement: Durham University/CASU/WFAU]

gros trou noir, situé au cœur de NGC 7727, a une masse de près de 154 millions de fois celle du Soleil, tandis que son compagnon a une masse de 6,3 millions de masses solaires. C'est la première fois que les masses ont été mesurées de cette manière pour une paire de trous noirs supermassifs. Cet exploit a été rendu possible grâce à la proximité du système par rapport à la Terre et aux observations détaillées que l'équipe a réalisées à l'Observatoire de Paranal, au Chili, à l'aide de l'instrument MUSE (Multi-Unit Spectroscopic Explorer) du VLT de l'ESO, un instrument avec lequel Karina Voggel a appris à travailler lorsqu'elle était étudiante à l'ESO. En mesurant les masses avec MUSE et en utilisant des données supplémentaires du télescope spatial Hubble de la NASA/ESA, l'équipe a pu confirmer que les objets de NGC 7727 étaient bien des trous noirs supermassifs. Les astronomes soupçonnaient que la galaxie abritait les deux trous noirs, mais ils n'avaient pas été en mesure de confirmer leur présence jusqu'à présent, car nous ne voyons pas de grandes quantités de rayonnement de haute énergie provenant de leur environnement immédiat, ce qui les trahirait si c'était le cas. « *Notre découverte implique qu'il pourrait y avoir beaucoup plus de ces vestiges de fusions de galaxies et qu'ils pourraient contenir de nombreux trous noirs massifs cachés qui attendent encore d'être découverts* », déclare Karina Voggel. « *Cela pourrait augmenter de 30 % le nombre total de trous noirs supermassifs connus dans l'Univers local.* » La recherche de semblables paires de trous noirs supermassifs cachés devrait faire un grand bond en avant grâce à l'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO, qui devrait entrer en service dans le courant de la décennie dans le désert d'Atacama au Chili. « *La détection de cette paire de trous noirs supermassifs n'est qu'un début* », déclare le co-auteur Steffen Mieske, astronome à l'ESO au Chili et responsable des opérations scientifiques de Paranal de l'ESO. « *Avec l'instrument HARMONI sur l'ELT, nous serons en mesure de faire des détections comme celle-ci beaucoup plus loin que ce qui est actuellement possible. L'ELT de l'ESO fera partie intégrante de la compréhension de ces objets.* » ■

En utilisant le Very Large Telescope de l'ESO, les astronomes ont révélé la paire de trous noirs supermassifs la plus proche de la Terre jamais observée. Cette vidéo résume la découverte. [ESO]



Gemini attrape un papillon avec une seule aile

par NOIRLab
Vanessa Thomas
revisé par Frédéric Thienpont

Cette image éthérée, capturée par l'Observatoire international chilien Gemini, un programme du NOIRLab de la NSF, a l'air aussi délicat que l'aile d'un papillon. Il s'agit en fait d'une nébuleuse située près du centre du gigantesque nuage sombre Chamaeleon I, l'une des régions de formation d'étoiles les plus proches. Cette remarquable image en lumière visible, prise avec le télescope Gemini South, semble sur le point de "flotter" hors de l'écran. Cet objet apparemment subtil est un écoulement de gaz connu sous le nom de Chamaeleon Infrared Nebula, ainsi appelée parce qu'elle est brillante à certaines longueurs d'onde de la lumière infrarouge, bien qu'elle puisse également être vue en lumière visible, comme dans cette vue. Caché au centre de la nébuleuse par réflexion, et au centre de cette image, se trouve le moteur de la nébuleuse, une étoile de faible masse (moins massive que le Soleil), éclipsée par une bande verticale sombre. Bien qu'invisible, cette jeune étoile froide émet des flux de gaz rapides qui ont creusé un tunnel à travers le nuage interstellaire à partir duquel la jeune étoile s'est formée. La lumière infrarouge et visible émise par l'étoile s'échappe le long de ce tunnel et se diffuse sur ses parois, donnant naissance à la fine nébuleuse par réflexion.

L'objet rouge vif à gauche du centre de l'image indique où une partie du gaz en mouvement rapide brille après avoir heurté le gaz en mouvement plus lent dans la nébuleuse. Il est connu sous le nom d'objet Herbig-Haro (HH) et porte la désigna-

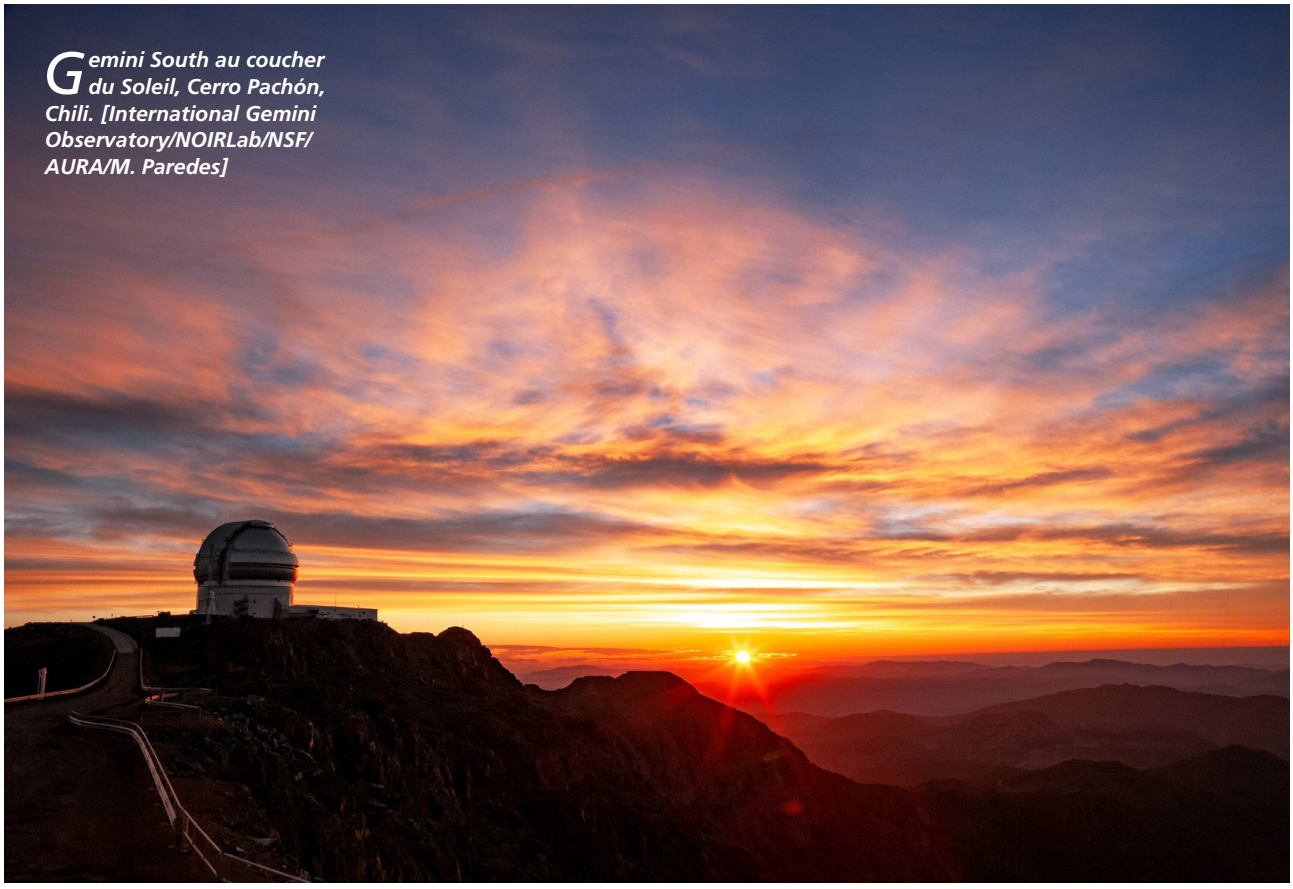
tion HH 909A. D'autres objets Herbig-Haro ont été trouvés le long de l'axe de l'écoulement de l'étoile, au-delà des bords de l'image, à gauche et à droite. Les astronomes ont suggéré que la bande sombre au centre de la Chamaeleon Infrared Nebula est un disque circumstellaire, un réservoir de gaz et de poussières en orbite autour de l'étoile. Les disques circumstellaires sont généralement associés aux jeunes étoiles et fournissent les matériaux nécessaires à la formation des planètes. La raison pour laquelle le disque apparaît comme une bande plutôt que comme un cercle dans cette image est parce que nous le voyons coupé, ne révélant qu'un bord aux observateurs ici sur Terre. Les astronomes pensent que l'objet central de la nébuleuse est une jeune étoile incor-

Cette image éthérée, capturée au Chili par l'Observatoire international Gemini, un programme du NOIRLab de la NSF, est la Chamaeleon Infrared Nebula, une structure située près du centre du nuage noir encore plus grand Chamaeleon I, l'une des régions de formation stellaire les plus proches. [International Gemini Obs./NOIRLab/NSF/AURA]

porée dans le disque. La brume d'arrière-plan, qui apparaît en bleu sur cette image, reflète la lumière d'une étoile proche située à l'extérieur du cadre. La Chamaeleon Infrared Nebula réside dans le plus grand nuage sombre Chamaeleon I, qui est proche des nuages sombres Chamaeleon II et Chamaeleon III. Ces trois nuages sombres constituent collectivement le Chamaeleon Complex, une vaste zone de formation stellaire qui occupe la quasi-totalité de la constellation Chamaeleon, dans le ciel austral. Le détail remarquable de cette image est dû au "jumeau du sud" du Gemini Multi-Object Spectrographs (GMOS), situés au sommet du Cerro Pachón, au Chili, qui fait partie de l'Observatoire international Gemini.

Cette vidéo nous emmène dans la Chamaeleon Infrared Nebula, située dans la constellation du Chamaeleon. [International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF /AURA/E. Slawik, D. De Martin/ Kwon O Chul]

GMOS possède des capacités d'imagerie en plus d'être un spectrographe, ce qui en fait un instrument très polyvalent.
« *GMOS-Sud est l'instrument parfait pour faire cette observation, grâce à son champ de vision, qui peut capturer avec précision toute la nébuleuse, mais aussi sa capacité à enregistrer l'émission de gaz ionisé de celle-ci* », a déclaré German Gimenus de NOIRLab. L'image a été produite par l'équipe Communication, Education & Engagement de NOIRLab, dans le cadre du programme NOIRLab Legacy Imaging. ■



Gemini South au coucher du Soleil, Cerro Pachón, Chili. [International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/ AURA/M. Paredes]

MACRO COSMOS
Tabby's star, un mystère non résolu
Deux sondes exploreront le système solaire primitif
ASTRONOMY magazine
Twin spends 340 days in orbit
Bloostar: space at your fingertips
ASTROFILO
4 strani segnali dalla Galassia
ASTROFILO
Missione PLATO, il passo decisivo
Le pulsar nel mirino di NICER
Cinque anni di Curiosity
MACRO COSMOS
Une autre origine
Deep Space Gateway, repartir de la Lune
ASTRONOMY magazine
The first interstellar asteroid
Chicxulub:
MACRO COSMOS
L'industrie minière va au-delà de la Terre
Une nouvelle Supernova au-dessus de Munich
ASTROFILO
Un hotel extra lusso in orbita terrestre
UNIVERSO
Noticias desde el sistema TRAPPIST
UNIVERSO
Hayabusa2 trabajando en Ryugu
ASTROFILO
Barnard's Star b, la super-Terra più vicina
Bennu, Didymoon e la difesa planetaria
ASTRONOMY magazine
50 years ago, we walked on the Moon
MACRO COSMOS
Le projet Genesis
Le rover Opportunity est à la retraite

NORTHEK

INSTRUMENTS - COMPOSITES - OPTICS

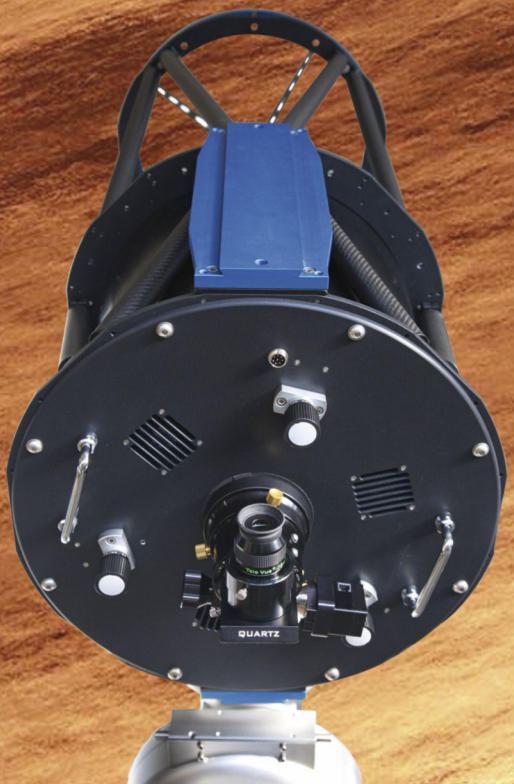
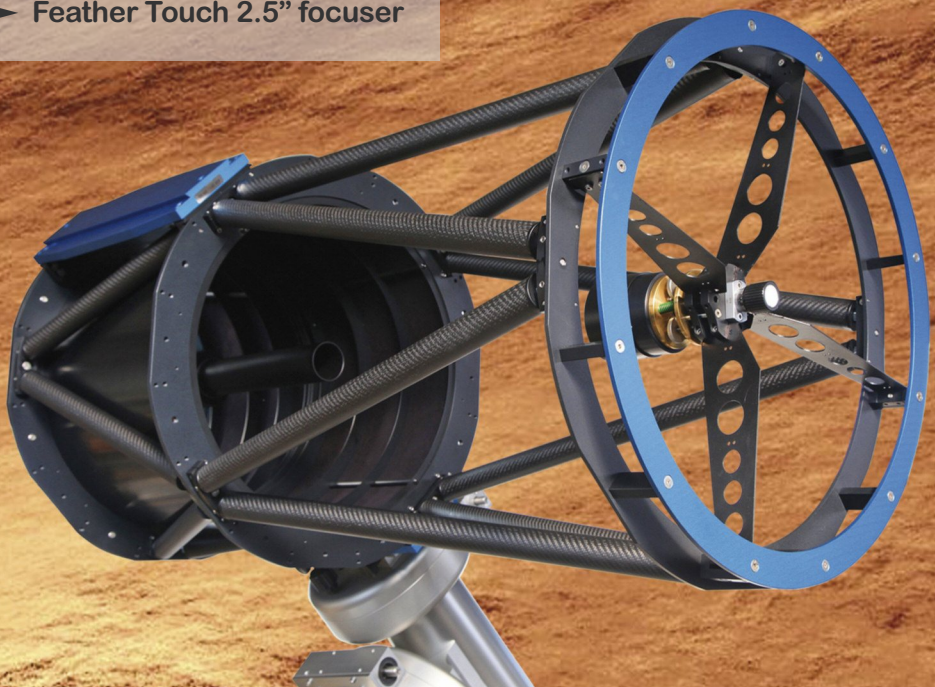
www.northek.it
www.facebook.com/northek.it
info@northek.it
phone +39 01599521

Ritchey-Chrétien

- optique SCHOTT Supremax 33
- diamètre optique 355 mm
- diamètre utile 350 mm
- distance focale 2800 mm
- rapport focal f/8
- cellule à 18 points flottants
- mise au point personnalisée

Dall-Kirkham

- optique SCHOTT Supremax 33
- diamètre optique 355 mm
- diamètre utile 350 mm
- distance focale 7000 mm
- rapport focal f/20
- cellule à 18 points flottants
- Feather Touch 2.5” focuser

Cassegrain

- optique SCHOTT Supremax 33
- diamètre optique 355 mm
- diamètre utile 350 mm
- distance focale 5250 mm
- rapport focal f/15
- cellule à 18 points flottants
- Feather Touch 2.5” focuser