



ACTUALITES AUTOMNE 2025

On fête un anniversaire
On reparle de Kepler...

THE EXOPLANET ZOO

WWW.HALCYONMAPS.COM

Repérons nous dans le ciel



Avec les astérisques, c'est plus simple



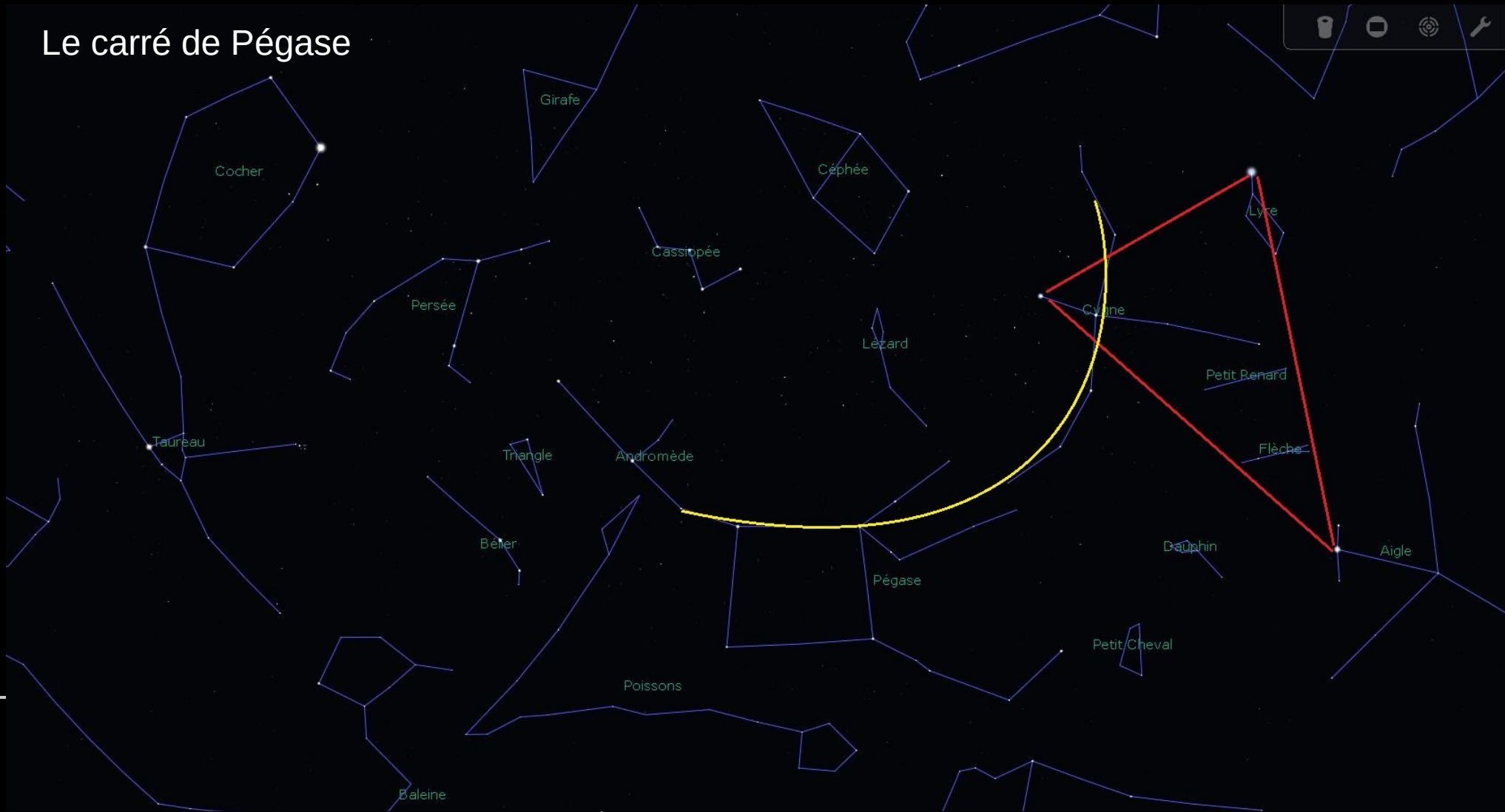
Le nom des constellations



Le repère du triangle d'été



Le carré de Pégase



Une étoile particulière dans Pégase



Almach

Mirach

Hamal

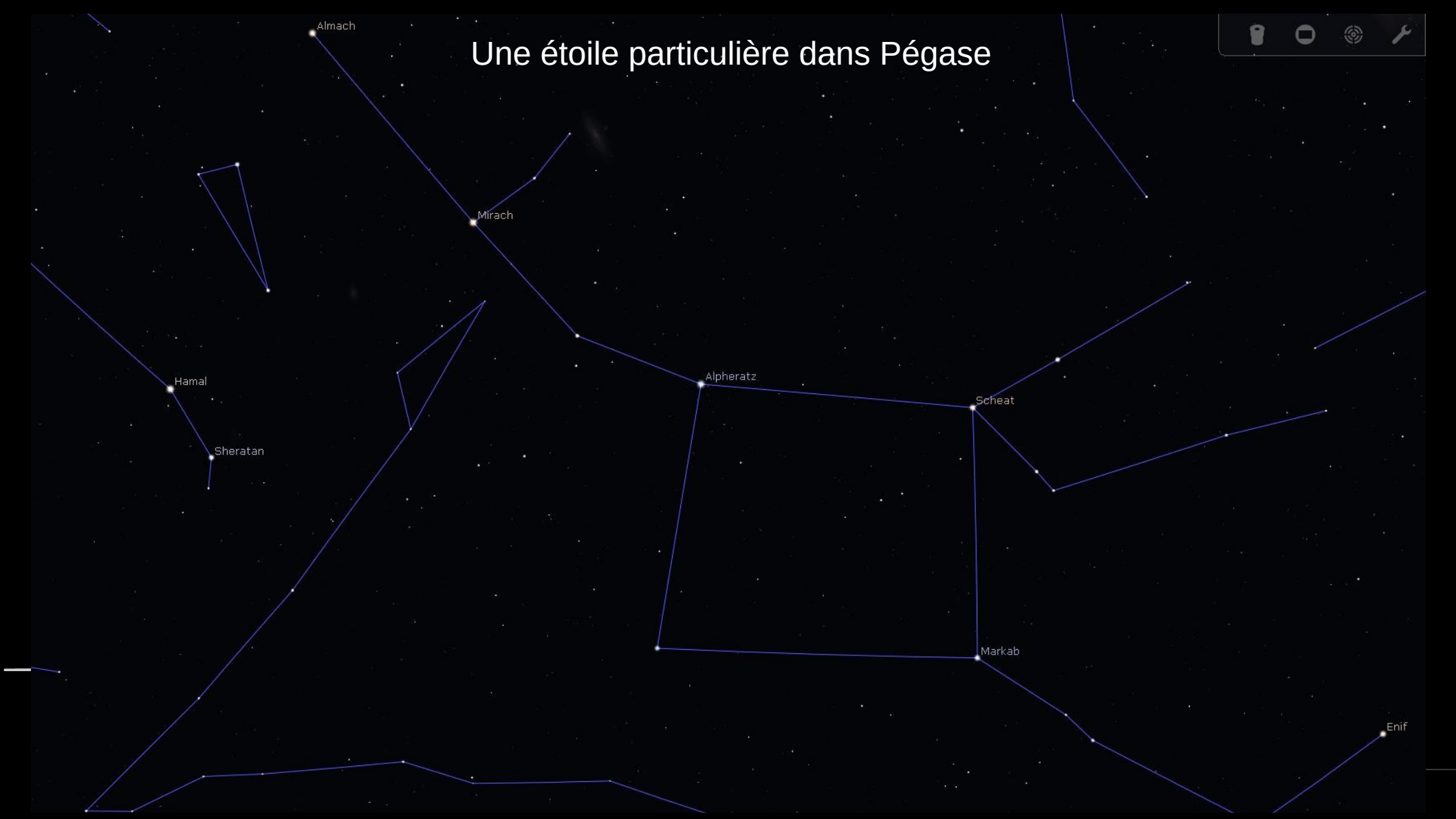
Sheratan

Alpheratz

Scheat

Markab

Enif





Almach

Mirach

Hamal

Sheratan

Alpheratz

Scheat

Markab

Enif

51 Pegasi





Almach

Mirach

Hamal

Sheratan

Alpheratz

Scheat

Markab

Enif



Helvetios

Il y a 30 ans.....

C'est autour de cette étoile, dans la constellation de Pégase, qu'a été découverte la première exoplanète en octobre 1995

Il s'agit de l'étoile 51 Pegasi, autour de laquelle Michel MAYOR et Didier QUELOZ ont découvert une planète 51 Pegasi b, baptisée Dimidium ou Helvetios

La première planète hors du système solaire

Découverte avec un télescope de 2 m alors que l'on construit à cette époque un télescope de 8 m au Chili

Cette découverte a sauvé l'observatoire de Haute Provence

Ils reçoivent le Prix Nobel de physique en 2019 pour cette découverte

Au 23 octobre 2025 : 7786 exoplanètes découvertes (planet.eu)

Au 12 novembre 2025 : 7819, soit 1,5 exoplanète découverte par jour ces 10 dernières années



Michel MAYOR et Didier QUELOZ l'année de leur découverte



Les Prix Nobel de physique 2019 Michel Mayor (ici à droite) et Didier Queloz (ici à gauche) étaient de retour ce lundi 6 octobre 2025 à l'Observatoire de Haute-Provence pour célébrer les 30 ans de la découverte de la première exoplanète jamais observée.

Qui est Michel Mayor et quel est son parcours ?


Il étudie la physique à l'Université de Lausanne, puis l'astrophysique à l'Université de Genève.

Il effectue sa thèse de doctorat sur la structure spirale des galaxies ce qui le conduit à s'intéresser aux mesures de vitesses stellaires

En 1971, année où il passe son doctorat, il développe un spectrographe astronomique d'un type nouveau

Un spectrographe est un instrument d'optique qui disperse la lumière en fonction de la longueur d'onde, pour former un spectre

Il est convaincu qu'en améliorant ces spectrographes, il peut mesurer des variations de vitesses



Qui est Michel Mayor et quel est son parcours ?

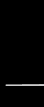
Il se dirige alors vers des travaux dans le domaine de la cinématique stellaire (étude des mouvements des étoiles)

Ses travaux portent alors sur les étoiles doubles, un nombre important d'étoiles (environ la moitié) vivant en couple

Il participe alors à la recherche de compagnons toujours plus légers autour d'étoiles similaires au Soleil

Grâce à une nouvelle génération de spectrographes, des infimes oscillations de la vitesse des étoiles peuvent être mesurées

En 1995, grâce au spectrographe ÉLODIE installé sur le télescope de 1,93 m de l'Observatoire de Haute Provence, Michel Mayor et son doctorant d'alors, Didier Queloz découvrent la première planète hors du système solaire .



Comment a été découverte 51 Pegasi b ?

Elle a été découverte par la méthode des vitesses radiales

Mars 1995, Didier Queloz, s'étonne des curieuses oscillations de l'étoile 51 Pegasi

Cette étoile située à 50,9 années-lumière de la Terre oscille avec une période de 4 jours

Ces mouvements ne peuvent s'expliquer que par l'influence d'une planète, très proche de son astre (rapidité de l'oscillation) et très massive (capable de faire vibrer son étoile)

Il s'agit d'une géante gazeuse (une demie masse de Jupiter) très proche de son étoile (un vingtième de la distance Terre-Soleil).

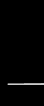
Les astrophysiciens ne s'attendaient pas à trouver une géante gazeuse aussi proche de son étoile

Elle a été classée dans un nouveau type de planètes : les Jupiter chauds ou Pégasides



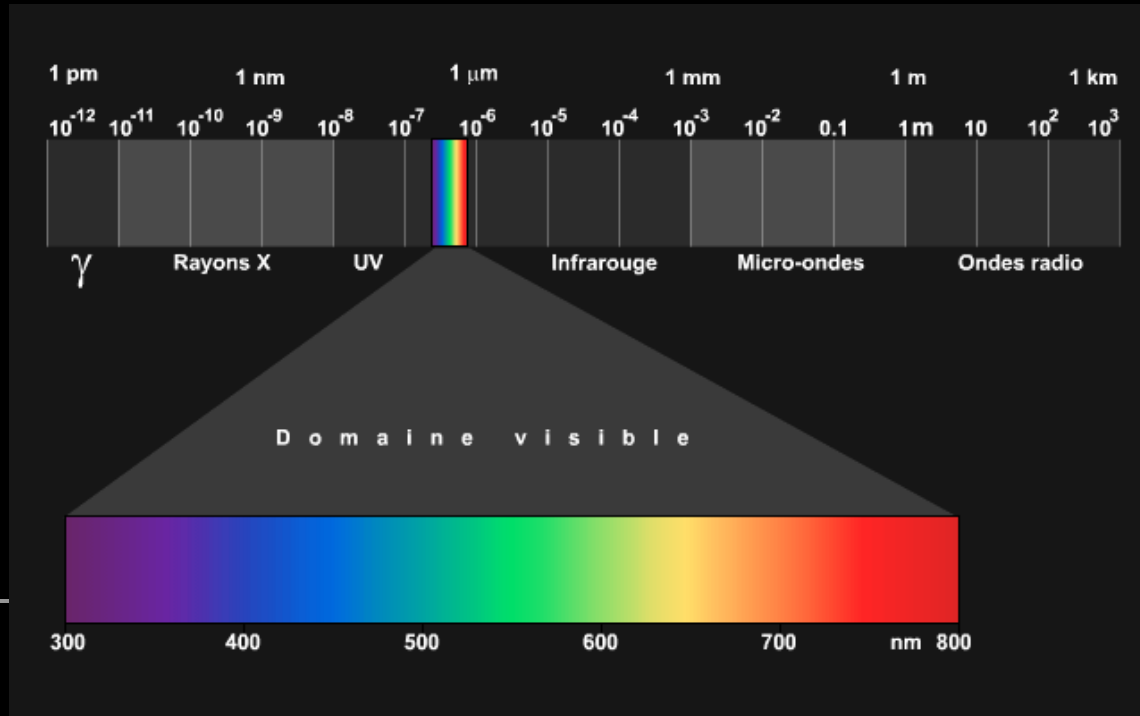
Comment découvre-t-on des exoplanètes ?

La méthode des vitesses radiales (spectromètres)	19 %
La méthode des transits	74 %
L'observation directe	1,4 %
Méthode de microlentilles gravitationnelles	100 exoplanètes
L'astrométrie	
La coronographie	
Les observatoires spatiaux	



Qu'est-ce qu'un spectrographe ?

Un spectrographe est un instrument d'optique qui disperse la lumière en fonction de la longueur d'onde, pour former un spectre



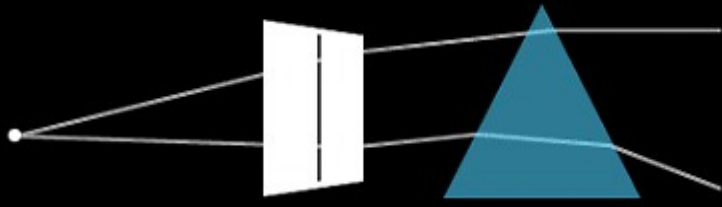
Qu'est-ce que la spectrographie ?

La spectrographie étudie la lumière visible émanant d'un objet et en mesure les différentes caractéristiques physiques:

- Sa température,
- Sa constitution, grâce aux raies propres à chaque élément.
- Ses teneurs en divers éléments, par la mesure comparative de l'intensité des raies d'un élément par rapport aux autres.
- La pression qui règne dans la zone absorbante, par la mesure de l'élargissement des raies.
- L'existence d'un champ électrique et son importance, par l'observation du dédoublement des raies de l'Hydrogène (effet Stark).
- Sa rotation mesurée grâce à l'inclinaison des raies de l'ensemble de son spectre.
- La direction de sa vitesse radiale. Le fait qu'une étoile s'éloigne déplacera son spectre vers le rouge, alors que si elle se rapproche ce décalage sera vers le bleu (l'effet Doppler).

Source

Lumière
blanche



Spectre obtenu

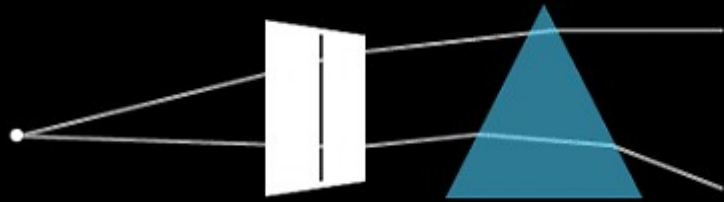


Spectre continu

**Spectre continu d'une source de
lumière blanche.**

Source

Lumière
blanche



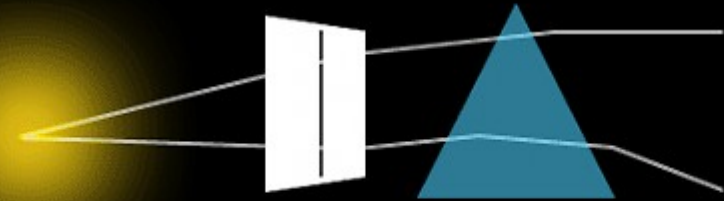
Spectre obtenu



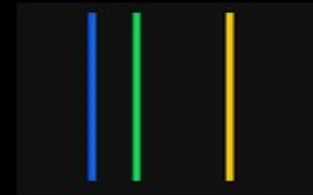
Spectre continu

Spectre continu d'une source de lumière blanche.

Gaz chauffé



Raies brillantes en émission
caractéristiques du gaz

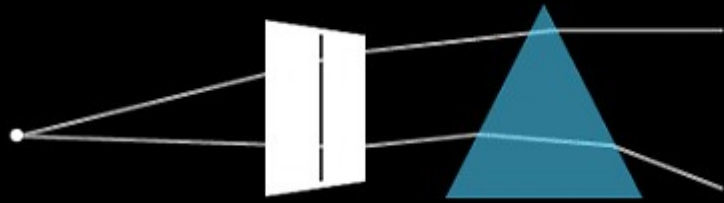


Spectre d'un gaz chauffé avec ses raies d'émission spécifiques.

Source

Spectre obtenu

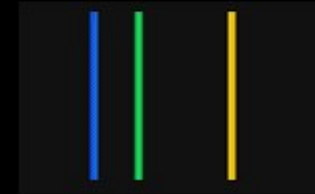
Lumière
blanche



Spectre continu

Spectre continu d'une source de lumière blanche.

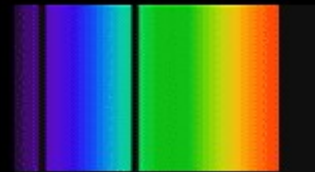
Gaz chauffé



Raies brillantes en émission
caractéristiques du gaz

Spectre d'un gaz chauffé avec ses raies d'émission spécifiques.

Lumière
blanche

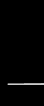


Raies sombres en absorption
caractéristiques du gaz

Même gaz froid
traversé par la lumière

Spectre comprenant des raies sombres, dites en absorption où la masse gazeuse située entre la source blanche et le prisme modifie le spectre en absorbant les raies qui correspondent à sa composition chimique.

MÉTHODES DE DÉTECTION DES EXOPLANÈTES



Mesure de la vitesse radiale grâce à la spectroscopie

Quand une planète orbite autour d'une étoile, ce sont les deux astres qui bougent

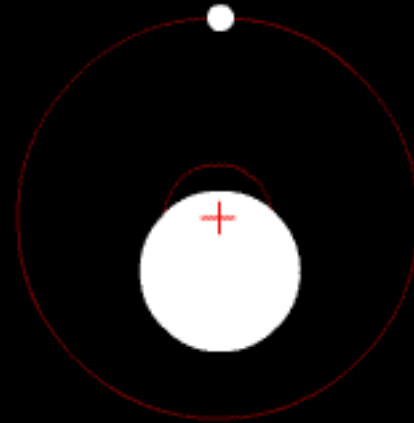
En fait les deux astres orbitent autour de leur centre de gravité

Ce sont ces minuscules oscillations de l'étoile que Mayor et Queloz ont détectées

La lumière provenant de l'étoile perturbée par une planète est décalée :

- vers le bleu (courtes longueurs d'onde compressées) lorsque l'étoile se rapproche de nous,
- vers le rouge quand elle s'éloigne (longueurs d'onde distendues) .

C'est l'effet Doppler que le spectromètre est capable de détecter



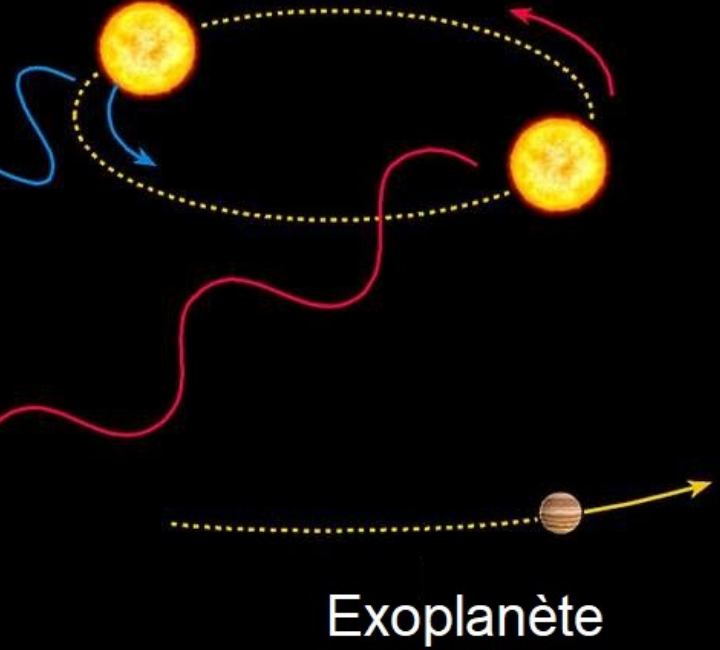
Effet Doppler-Fizeau

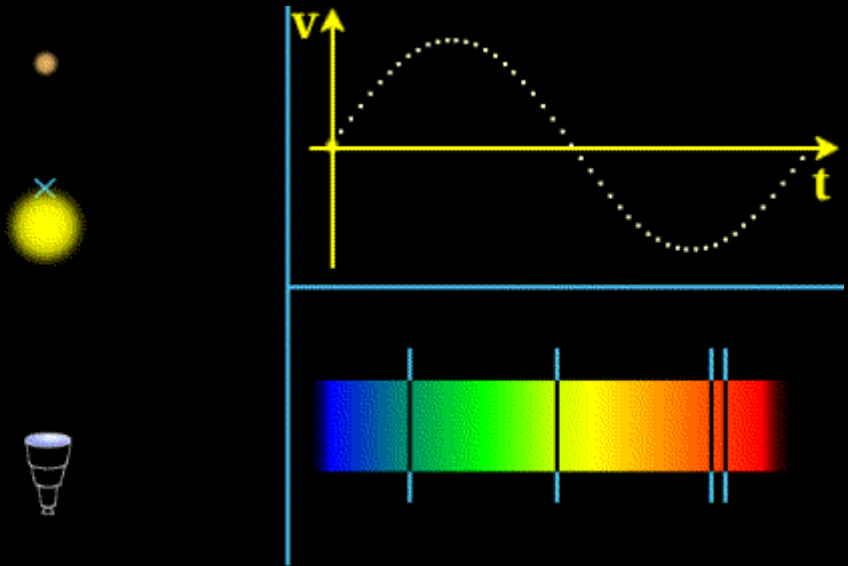
La lumière provenant de l'étoile est décalée vers le bleu lorsque l'étoile se rapproche de nous, et vers le rouge quand elle s'éloigne

Ce phénomène est détecté par le spectromètre

Terre
(Observateur)

Étoile





https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pag

[n.fr/public/ressources_lu/pages_methodes-detection/images_page/images/exoplanet_spectro.gif](https://media4.obspm.fr/public/ressources_lu/pages_methodes-detection/images_page/images/exoplanet_spectro.gif)

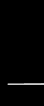


Méthode des transits

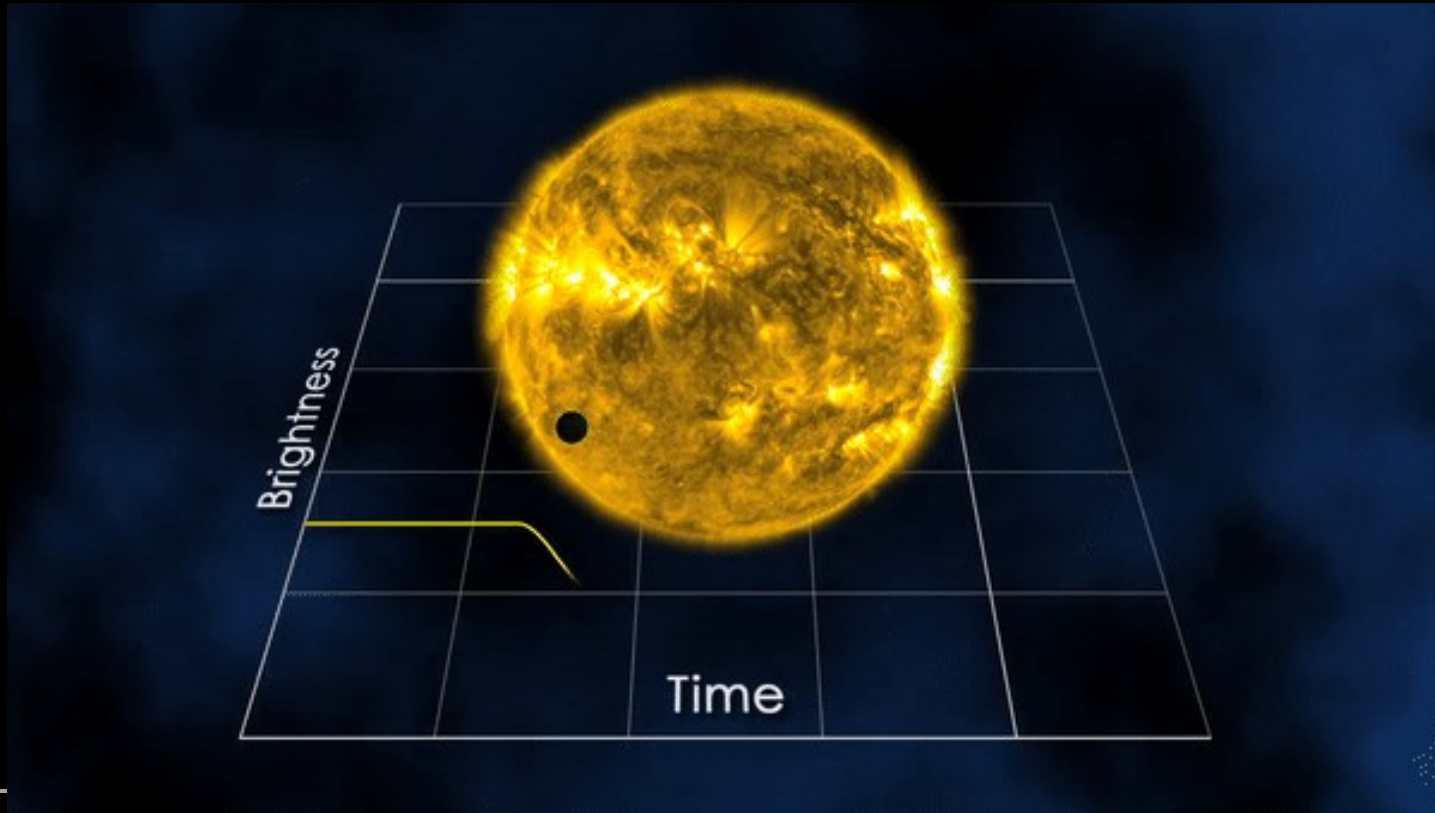
La méthode des transits est aujourd'hui la technique la plus utilisée pour détecter les exoplanètes.

Lorsque l'angle d'observation le permet, les astronomes peuvent détecter des variations de l'intensité lumineuse d'une étoile due au transit d'une planète devant cette étoile

La méthode des transits permet d'obtenir des informations sur la taille de l'exoplanète sur sa période orbitale et sur sa masse



Méthode des transits : baisse de l'intensité lumineuse lorsque la planète passe devant son étoile



L'astrométrie

La méthode astrométrique consiste à mesurer avec la plus grande précision la position absolue d'une étoile dans le ciel.

Une étoile sans système planétaire est fixe dans l'espace.

Si elle possède une planète en orbite, la force gravitationnelle de cette planète agira sur la position de l'étoile

L'astrométrie peut être utilisée pour observer le mouvement de l'étoile lorsque le système est vu par « le dessus ».

Si l'étoile décrit une ellipse régulière dans le ciel, c'est certainement dû au mouvement induit par une exoplanète



Méthode de microlentilles gravitationnelles

L'effet de microlentille gravitationnelle se produit lorsque le champ gravitationnel d'une étoile déforme l'espace-temps ce qui dévie la lumière issue d'une étoile distante située derrière

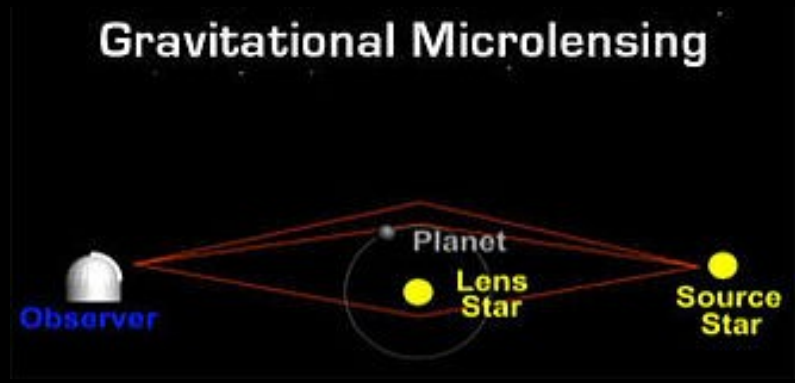
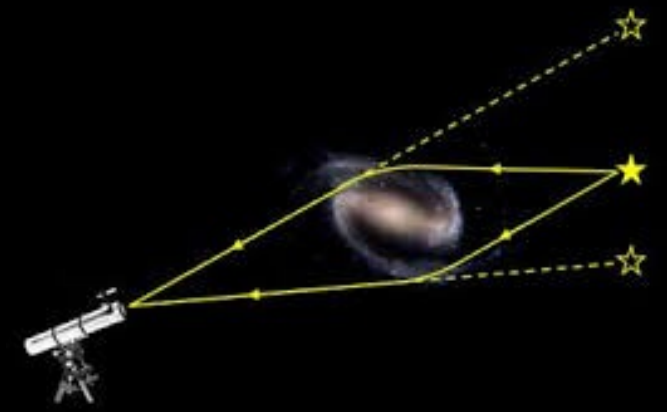
Cet effet n'est visible que si les deux étoiles sont pratiquement alignées.

Si la lumière est plus déviée d'un côté de la lentille gravitationnelle, cela permet de conclure que l'étoile faisant office de lentille possède une planète.

De tels évènements sont donc rares, d'une durée de quelques jours à quelques semaines, et non reproductible

Elle fonctionne bien pour les étoiles lointaines pour lesquelles les autres méthodes sont délicates

Cette méthode a permis de détecter plusieurs centaines d'exoplanètes durant les dix dernières années.



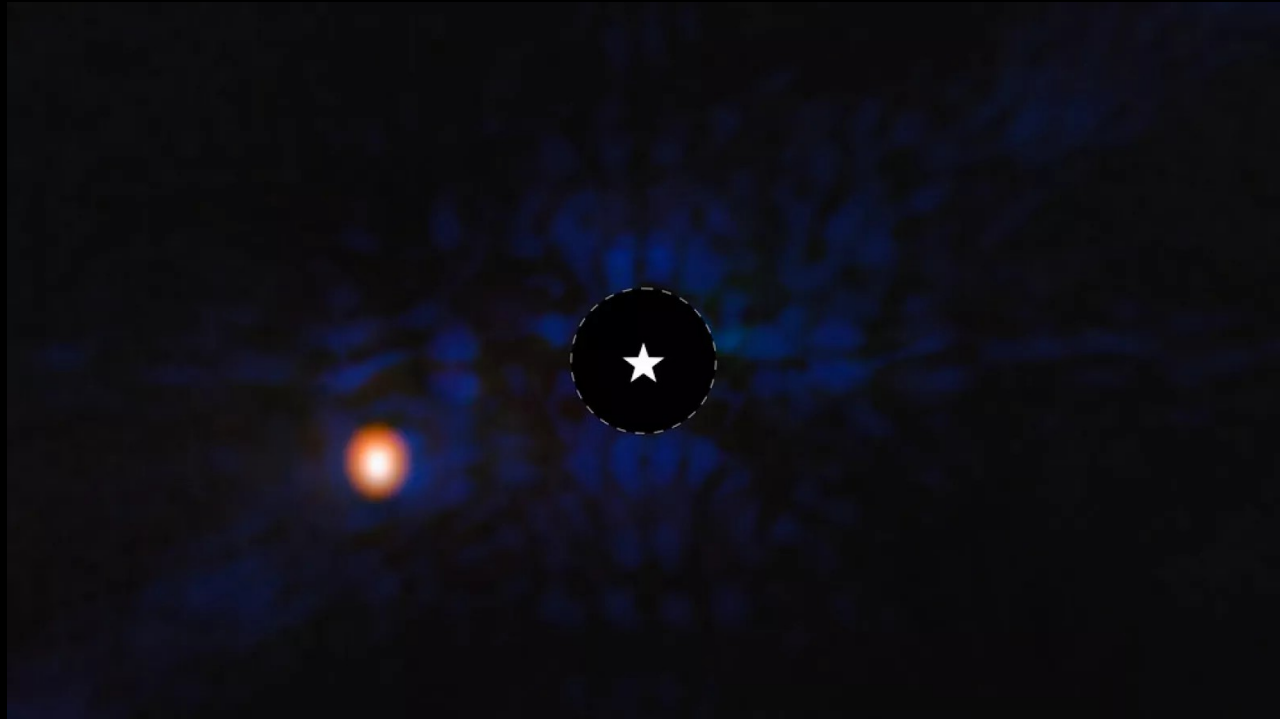
L'OBSERVATION DIRECTE ET LA CORONOGRAPHIE

La forte lumière émise par une étoile masque la ou les planètes qui orbitent autour.

Donc pour l'atténuer, on utilise la coronographie qui consiste à masquer l'étoile pour révéler les astres moins lumineux qui sont autour.

Cette observation directe ne s'applique seulement qu'aux planètes les plus grosses et très éloignées de leur étoile.

Il existe des coronographes terrestres (VLT) et spatiaux (JWST)



Une exoplanète capturée par le télescope James Webb. Le symbole avec l'étoile marque la position de l'étoile, dont la lumière a été atténuée par un coronographe

Image de l'exoplanète TWA 7b, d'une masse comparable à celle de Saturne, en orbite autour de la jeune étoile TWA 7.

Cette image résulte de la combinaison de données issues du sol — obtenues par le Very Large Telescope de l'ESO, représentées en bleu, montrant le disque de débris entourant l'étoile — et de données de l'instrument MIRI du JWST, représentées en orange.



L'étoile hôte, TWA 7, a été masquée à l'aide du coronographe elle est symbolisée ici par un cercle et une étoile stylisée au centre de l'image.

Crédits : NASA, ESA, CSA, Anne-Marie Lagrange (CNRS, UGA), Mahdi Zamani (ESA/Webb)

UNE PHOTO ?

Cette image montre une exoplanète en orbite autour de la naine brune 2M1207 (2004)

2M1207b est la première exoplanète imagée de manière directe par le VLT et la première découverte en orbite autour d'une naine brune

2M1207b est une planète de type Jupiter, 5 fois plus massive que Jupiter.

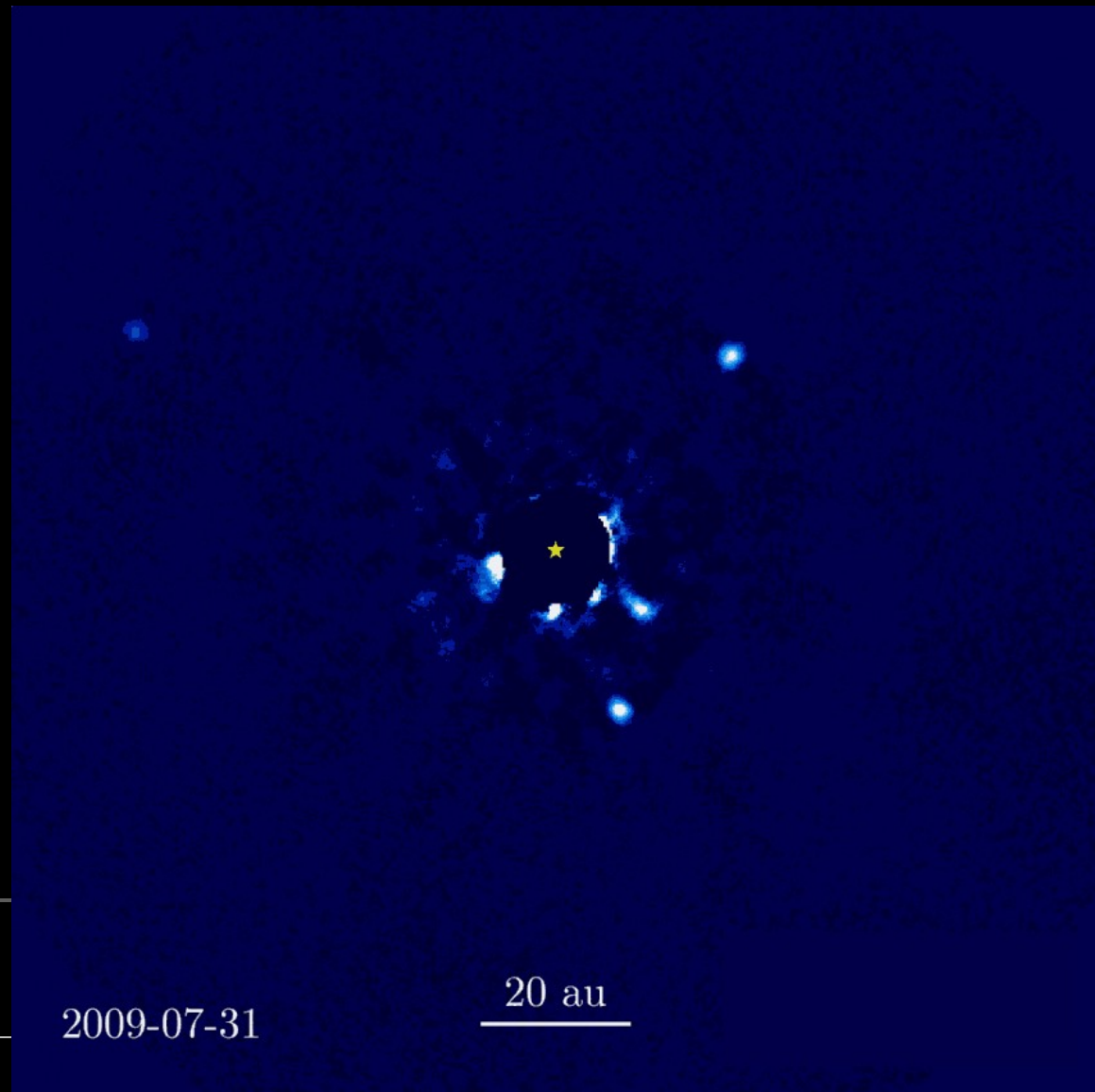
Elle tourne à une distance de 55 UA (deux fois plus loin que Neptune du Soleil)

Le système 2M1207 se trouve à une distance de 230 années-lumière, dans la constellation de l'Hydre.



UNE VIDEO ?

Une animation d'une suite d'images directes prises par l'Observatoire Gemini-Nord (Hawaï) du système HR 8799, contenant quatre exoplanètes. La lumière de l'étoile centrale a été bloquée par un coronographe



<https://exoplanetes.umontreal.ca/wp-content/uploads/2022/10/HR8799.gif>

<https://exoplanetes.umontreal.ca/wp-content/uploads/2022/10/HR8799.gif>



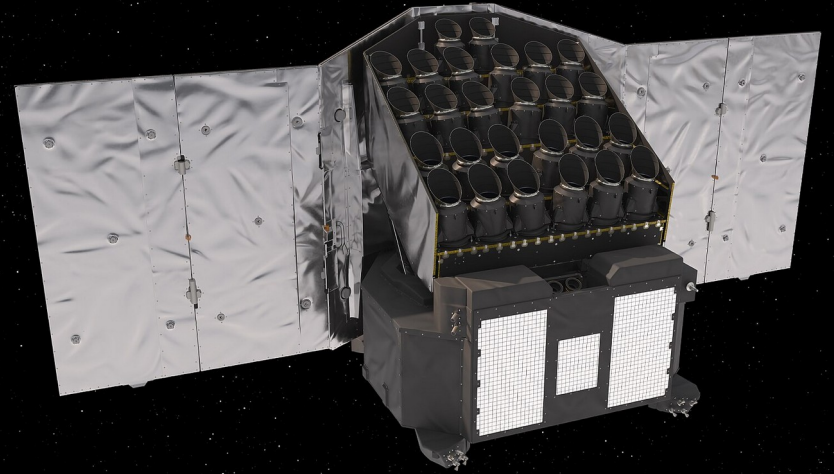
Observatoires spatiaux

Les exoplanètes peuvent être observées via des télescopes terrestres puissants. Mais c'est depuis l'espace qu'elles se révèlent le mieux. Plusieurs missions spatiales sont ainsi prévues jusqu'à l'horizon 2030 pour étoffer notre catalogue :

PLATO (2026) une mission de l'ESA, s'intéresse aux exoplanètes ressemblant à la Terre.

Le Nancy Grace Roman Space Telescope (2027) (NASA) ambitionne la découverte de 100 000 nouvelles exoplanètes .

Le satellite européen ARIEL (2029) étudiera l'atmosphère des exoplanètes.



PLATO: PLAnetary Transits and Oscillations

- EXOPLANÈTES HABITABLES
- EXOPLANÈTES ROCHEUSES
- AUTRES EXOPLANÈTES

LA VOISINE

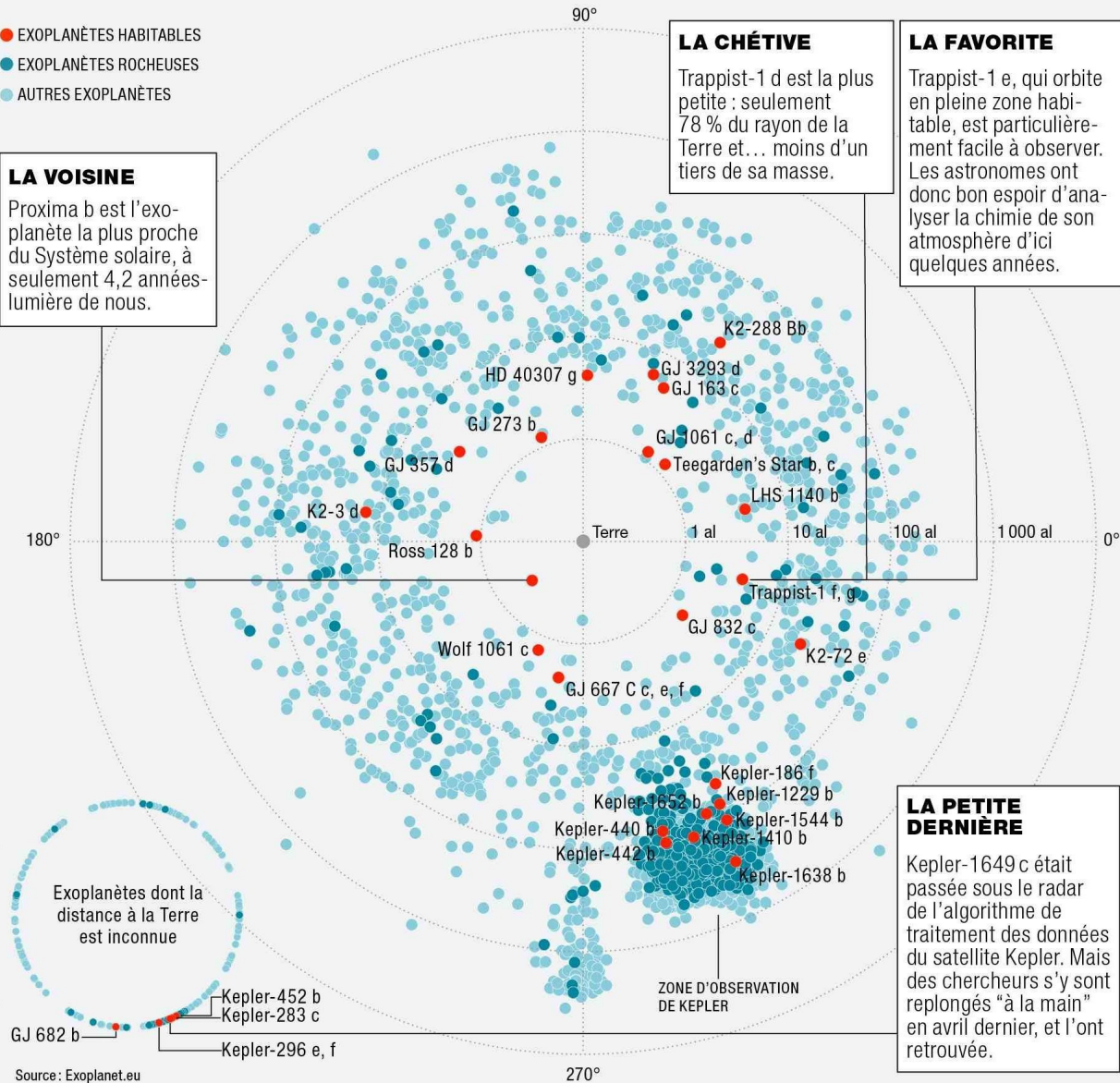
Proxima b est l'exoplanète la plus proche du Système solaire, à seulement 4,2 années-lumière de nous.

LA CHÉTIVE

Trappist-1 d est la plus petite : seulement 78 % du rayon de la Terre et... moins d'un tiers de sa masse.

LA FAVORITE

Trappist-1 e, qui orbite en pleine zone habitable, est particulièrement facile à observer. Les astronomes ont donc bon espoir d'analyser la chimie de son atmosphère d'ici quelques années.



LA PETITE DERNIÈRE

Kepler-1649 c était passée sous le radar de l'algorithme de traitement des données du satellite Kepler. Mais des chercheurs s'y sont replongés "à la main" en avril dernier, et l'ont retrouvée.

LE TÉLESCOPE SPATIAL KEPLER

Le télescope spatial Kepler a été lancé en mars 2009 par la NASA.

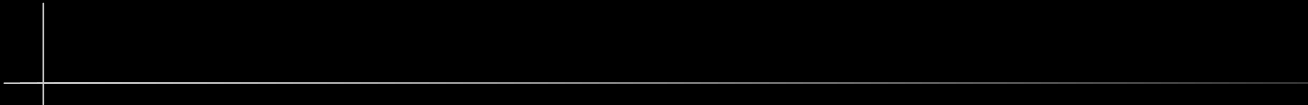
Sa mission principale était d'effectuer un recensement des exoplanètes dans une région précise de la voie lactée.

Plus précisément, il avait pour mission de recenser les planètes semblables à la nôtre gravitant autour d'étoiles similaires au Soleil dans la "zone habitable"

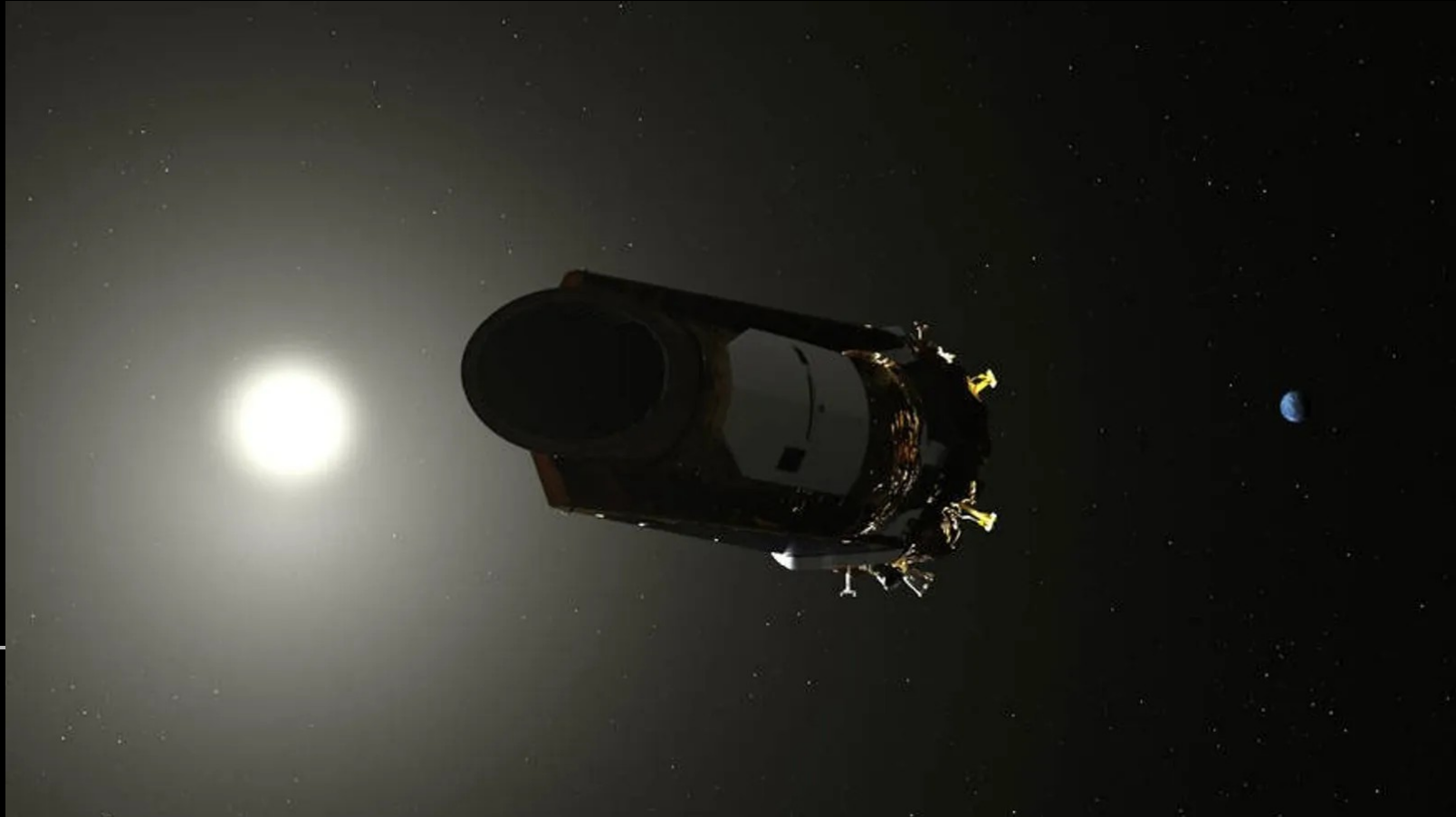
Il utilisait la méthode des transits

Il a permis d'identifier 2 662 planètes confirmées.

Il a révolutionné notre compréhension de la diversité, de la fréquence et de l'abondance des mondes extraterrestres dans notre galaxie



La sonde a été placée sur une orbite héliocentrique (par souci d'économie ; programme Discovery de la NASA) à la même distance du Soleil que la Terre circulant à l'arrière de celle-ci

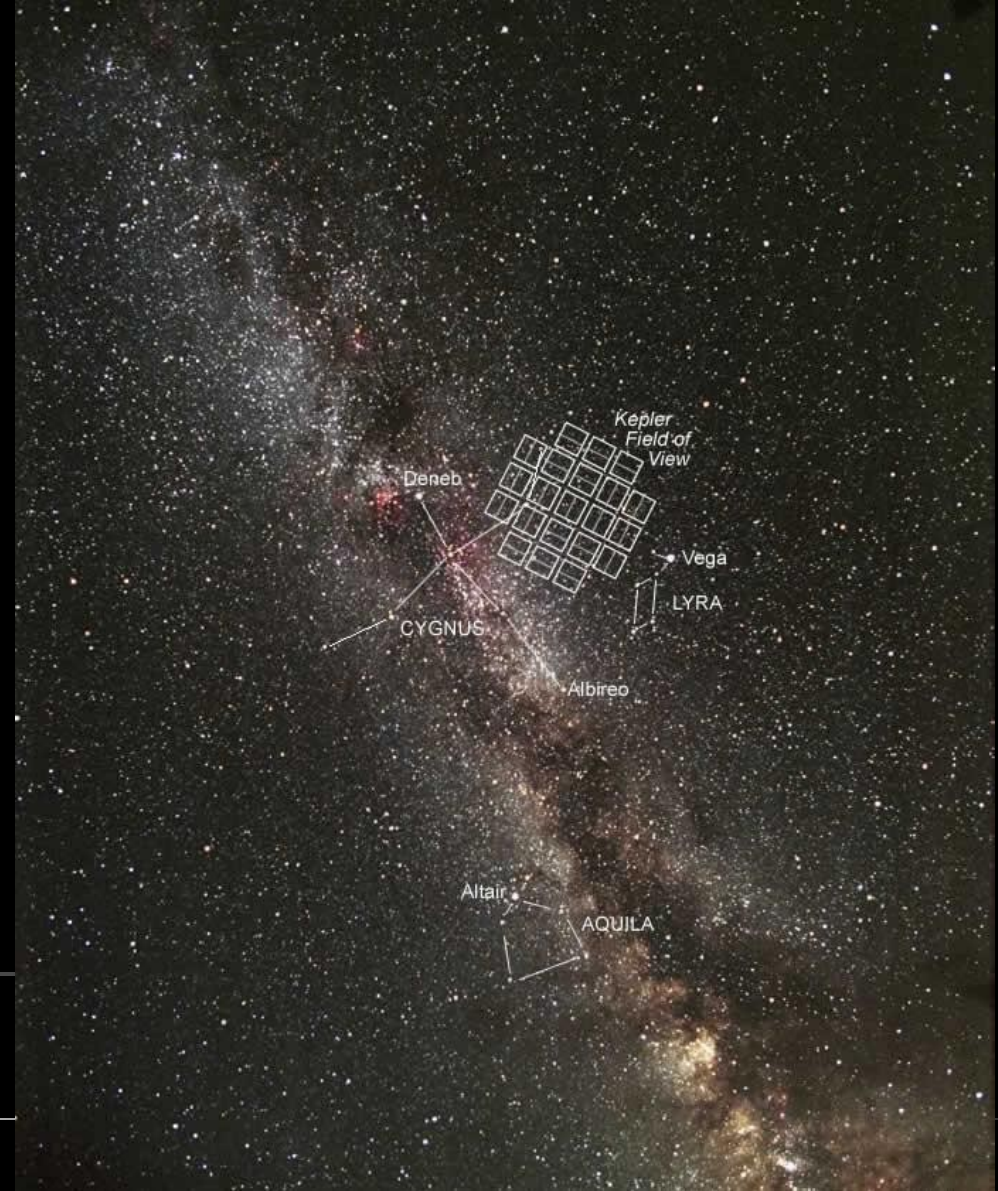


La sonde observe 145 000 étoiles pré-sélectionnées dans une zone de la Voie Lactée située dans la constellation du Cygne

La zone observée est petite : 0,28 % du ciel

Sa mission devait durer 3 ans...pour pouvoir observer au moins 3 transits

La défaillance de deux des quatres roues de réaction en mai 2013 met fin à la mission nominale



Un héritage scientifique exceptionnel


Kepler aura fait progresser significativement nos connaissances sur les exoplanètes et les systèmes planétaires dans notre galaxie :

Kepler a permis la découverte de 2662 exoplanètes confirmées,

Le télescope a révélé une incroyable diversité de mondes, avec une large gamme de tailles, de compositions et d'architectures orbitales.

Notamment, l'instrument a mis en évidence une nouvelle classe d'exoplanètes, les « super-Terres » et « mini-Neptunes », d'une taille intermédiaire entre la Terre et Neptune.

Ces mondes, qui n'ont pas d'équivalent dans le Système solaire, se sont révélés être les plus répandus.




Un héritage scientifique exceptionnel

Kepler a aussi découvert de nombreux systèmes exotiques multi-planétaires, dont certains hébergent jusqu'à 8 planètes.

Beaucoup sont très compacts avec des orbites resserrées, une configuration instable selon les modèles de formation planétaire.

Kepler a montré que les petites planètes, de la taille de la Terre ou un peu plus grandes, sont très répandues dans la Voie Lactée.

La mission a identifié des planètes potentiellement habitables par dizaines, même si leur caractère réellement habitable reste à confirmer.



Des planètes potentiellement habitables

La découverte la plus marquante est sans doute celle de planètes de taille terrestre situées dans la zone habitable de leur étoile, où l'eau liquide pourrait exister en surface

En avril 2014, Kepler a ainsi détecté Kepler-186f, première exoplanète de la taille de la Terre en zone habitable.

Planètes en zone habitable découvertes par Kepler (avril 2018)

TYPE	NOMBRE
Plus petites que la Terre	10
Taille terrestre (1-1,5 rayon)	21
Super Terre (1,5-2 rayon)	9

30% GAS GIANT

The size of Saturn or Jupiter (the largest planet in our solar system), or many times bigger. They can be hotter than some stars!



31% SUPER-EARTH

Planets in this size range between Earth and Neptune don't exist in our solar system. Super-Earths, a reference to larger size, might be rocky worlds like Earth, while mini-Neptunes are likely shrouded in puffy atmospheres.



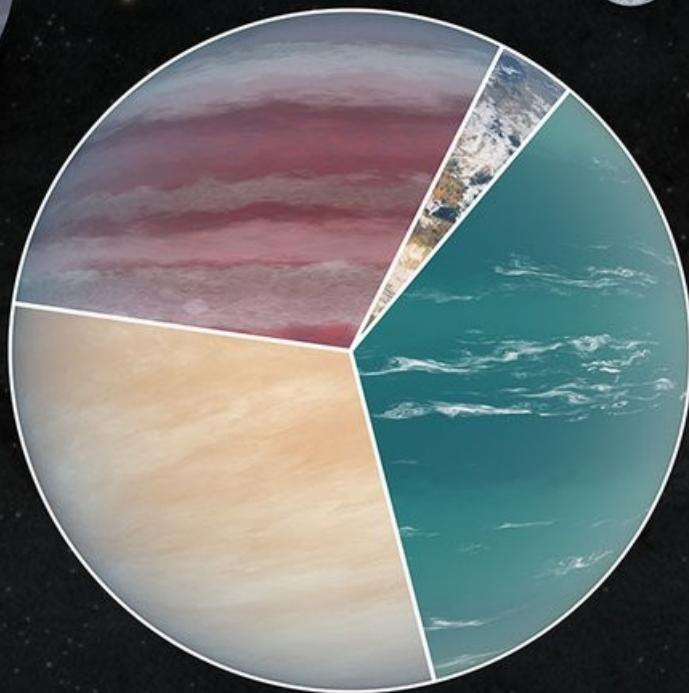
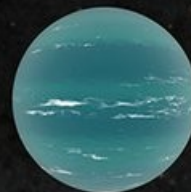
4% TERRESTRIAL

Small, rocky planets. Around the size of our home planet, or a little smaller.



35% NEPTUNE-LIKE

Similar in size to Neptune and Uranus. They can be ice giants, or much warmer. "Warm" Neptunes are more rare.



7000 +

PLANETES DECOUVERTES

10 000 EN COURS DE CONFIRMATION

ESTIMER LE NOMBRE DE PLANÈTES HABITABLES

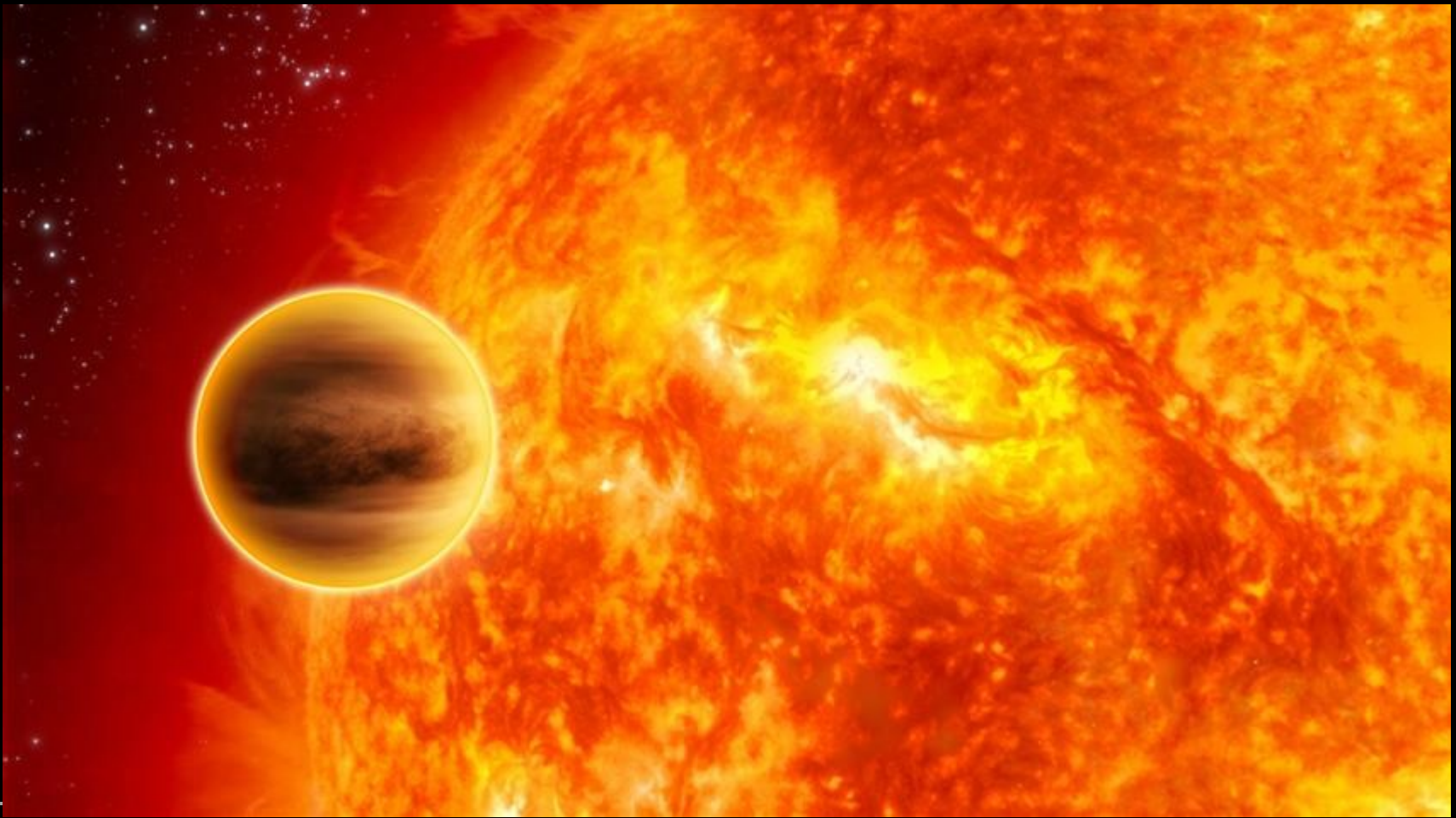
Au-delà de ces exoplanètes individuelles, la statistique fournie par Kepler sur un large échantillon d'étoiles permet d'extrapoler le nombre total de planètes dans la Voie lactée.

Une étude de 2013 a ainsi estimé qu'il y aurait au moins 17 milliards de planètes de taille terrestre dans notre galaxie, dont potentiellement des milliards en zone habitable.

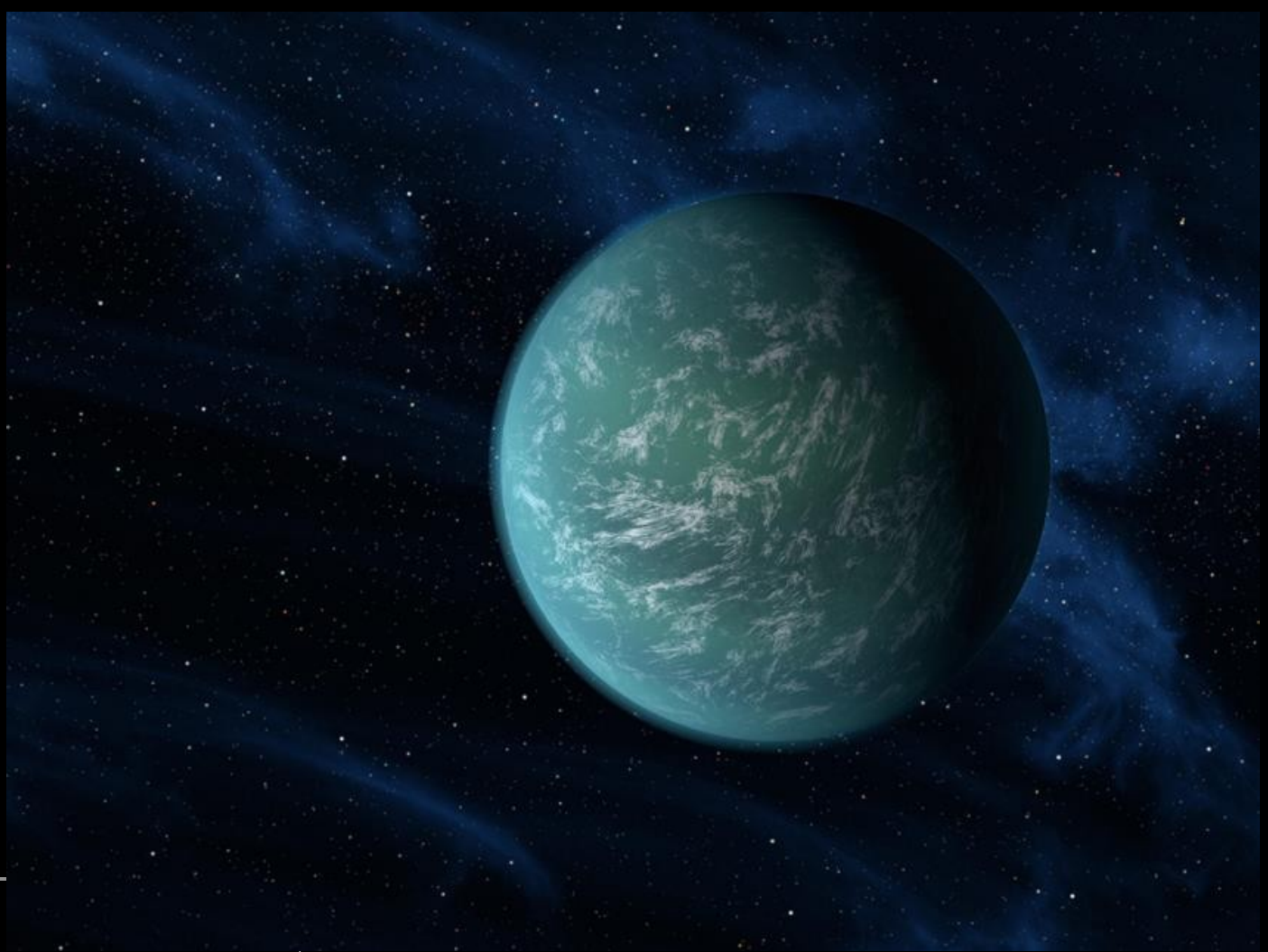
De quoi rêver à l'immensité des mondes qui restent à découvrir.

Le travail de Kepler est prolongé aujourd'hui par la mission TESS de la NASA.

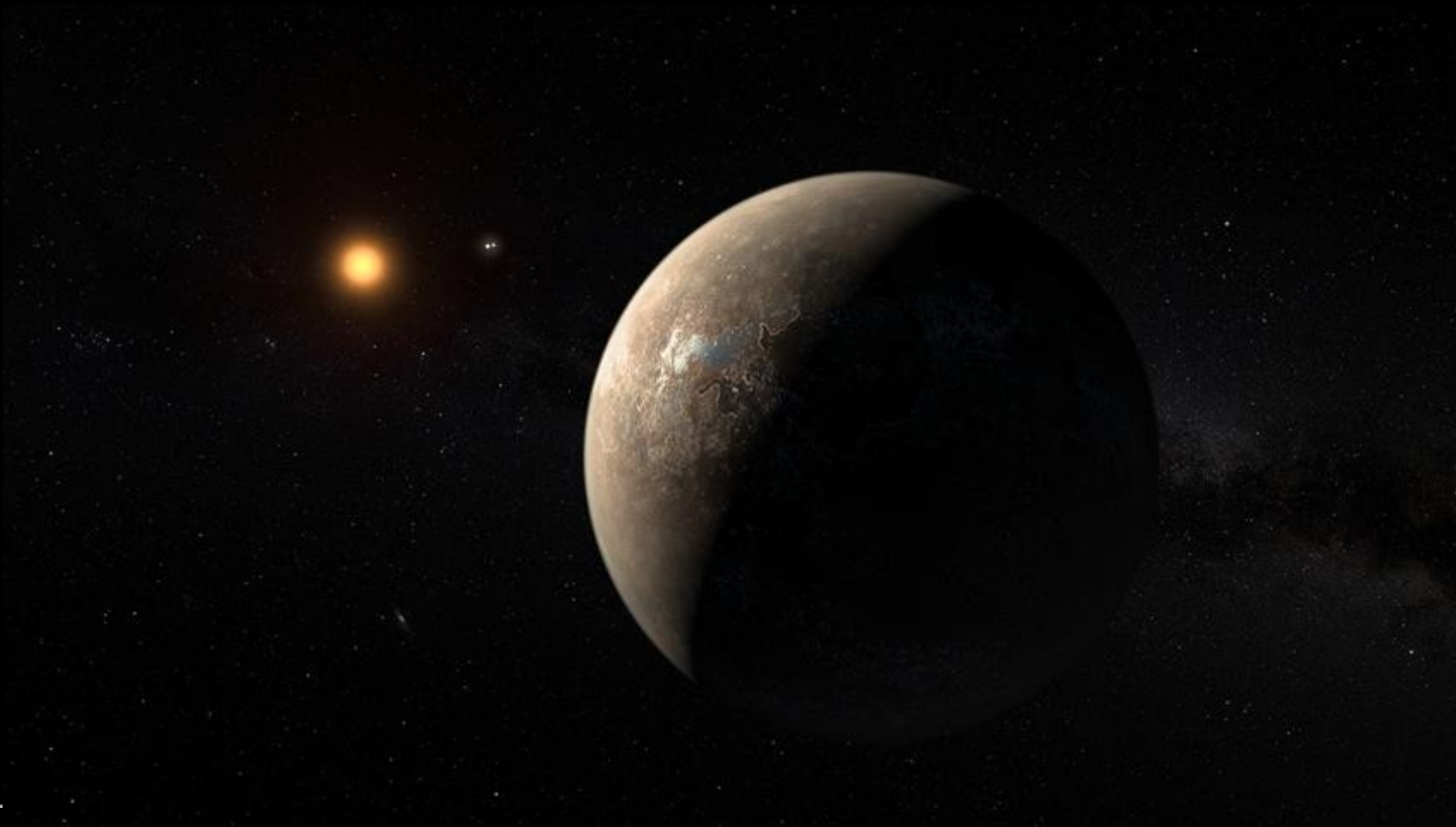




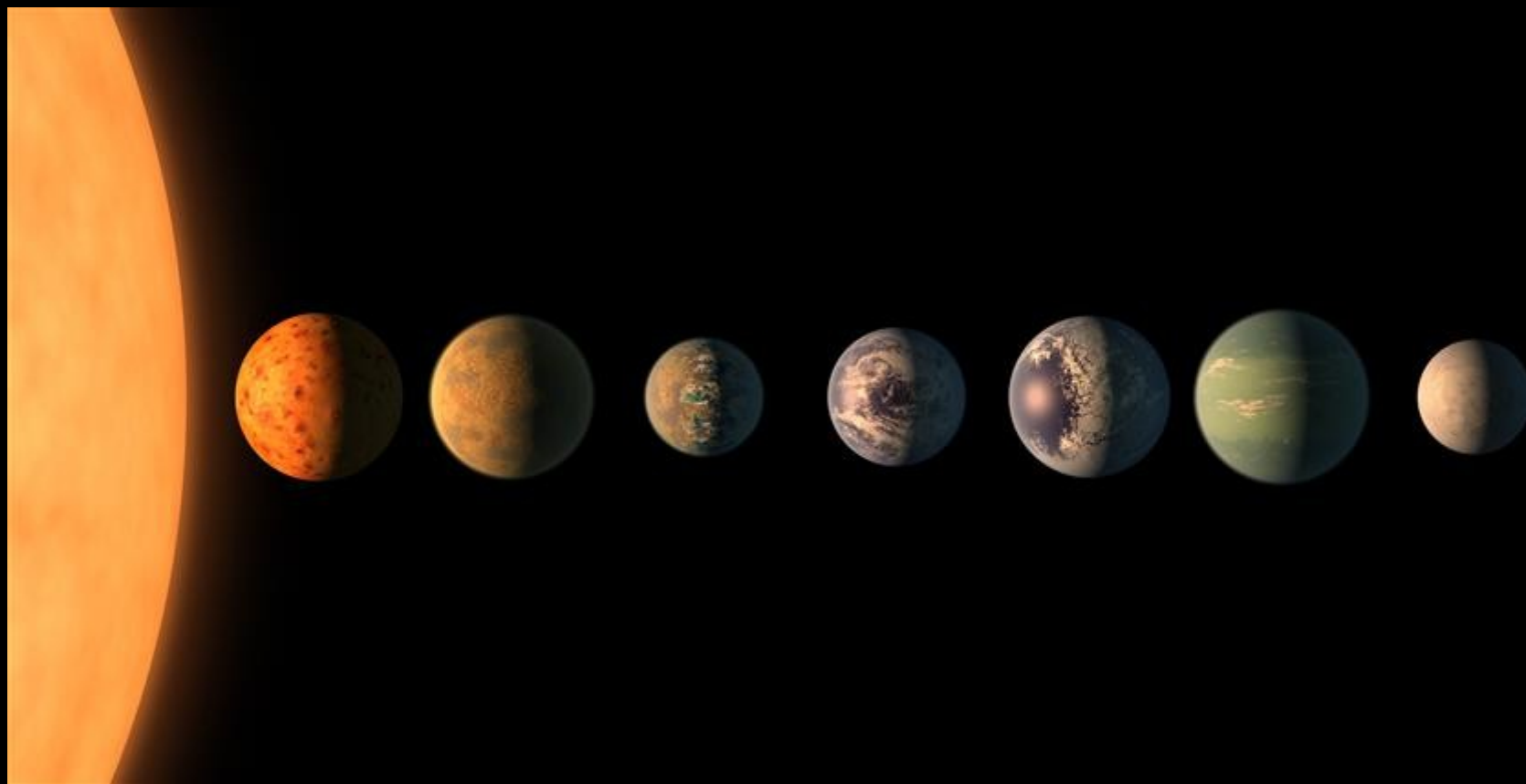
Vue d'artiste de 51 Pegasi b, la première exoplanète découverte autour d'une étoile semblable au Soleil.
(Source : NASA/JPL-Caltech.)



w Vue d'artiste de Kepler-22b, la première exoplanète découverte dans la zone habitable de son étoile, où il pourrait y avoir de l'eau liquide. (Source : NASA/Ames/JPL-Caltech.)



w Vue d'artiste de Proxima Centauri b, l'exoplanète la plus proche du Système solaire. (Source : ESO.)




w Vue d'artiste de l'étoile TRAPPIST-1 et de ses sept exoplanètes alignées. (Source : NASA/JPL-Caltech.)

QUELQUES EXOPLANÈTES CELÈBRES

Gamma Cephei Ab, aussi nommée Tadmor, est une exoplanète orbitant autour de Gamma Cephei A, une étoile située à environ 45 années-lumière du Soleil dans la constellation de Céphée . Il s'agit peut-être de la toute première exoplanète à avoir été détectée, dès 1988 par une équipe canadienne à l'aide de la méthode des vitesses radiales, mais les données d'alors étaient trop imprécises pour avoir une certitude quant à l'existence réelle de cette planète, et ce n'est qu'en 2002 que celle-ci a été confirmée.

47 Ursae Majoris b: en 1996, cette planète semblable à Jupiter est la première planète à longue période découverte, en orbite à 2,11 au de l'étoile. Une deuxième planète est découverte en orbite à 3,39 au, en 1998

Upsilon Andromedae: le premier système multi-planétaire découvert autour d'une étoile de séquence principale . Il contient trois planètes semblables à Jupiter. La planète b est annoncée en 1996, tandis que les planètes c et d l'ont été en 1999.



A grid of colorful Easter eggs on a black background. The eggs are arranged in a grid pattern, with each egg having a different color or pattern. The colors include various shades of blue, purple, yellow, orange, pink, green, and white. The text "MERCI POUR VOTRE ATTENTION" is centered in the middle of the grid.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION