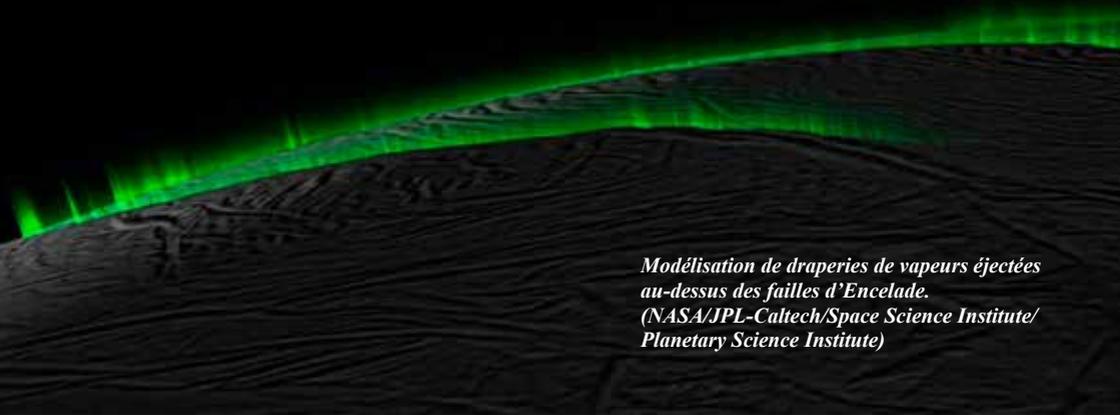


# L'astronomie dans le monde



*Modélisation de draperies de vapeurs éjectées au-dessus des failles d'Encelade. (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/Planetary Science Institute)*

## ***Encelade***

Les jets d'Encelade font l'objet de nombreuses recherches. Il s'échappent de fractures (les « rayures de tigre ») situées au pôle sud du satellite et nourrissent l'anneau E de Saturne.

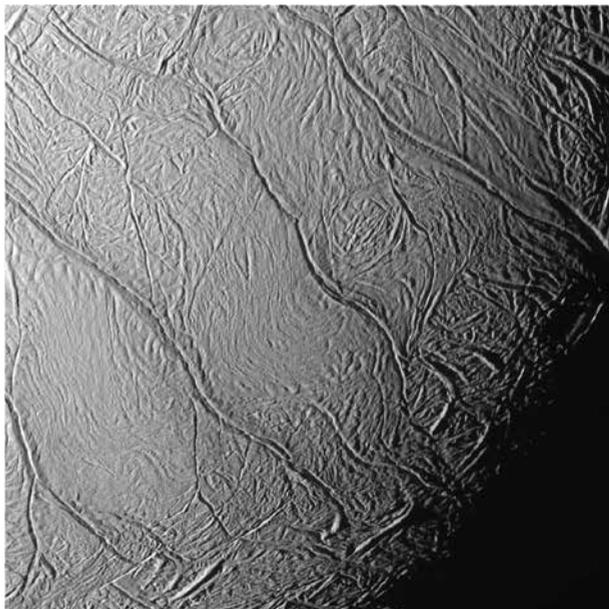
L'apparence de jets serait pourtant trompeuse. Il semble que la plupart des éruptions à la surface d'Encelade créent des rideaux d'éjectas le long des fractures plutôt que des jets discrets. La vue en perspective de ces draperies donnerait parfois l'impression de jets. La géométrie change bien sûr constamment en raison de la rotation du satellite et de la trajectoire de la sonde.

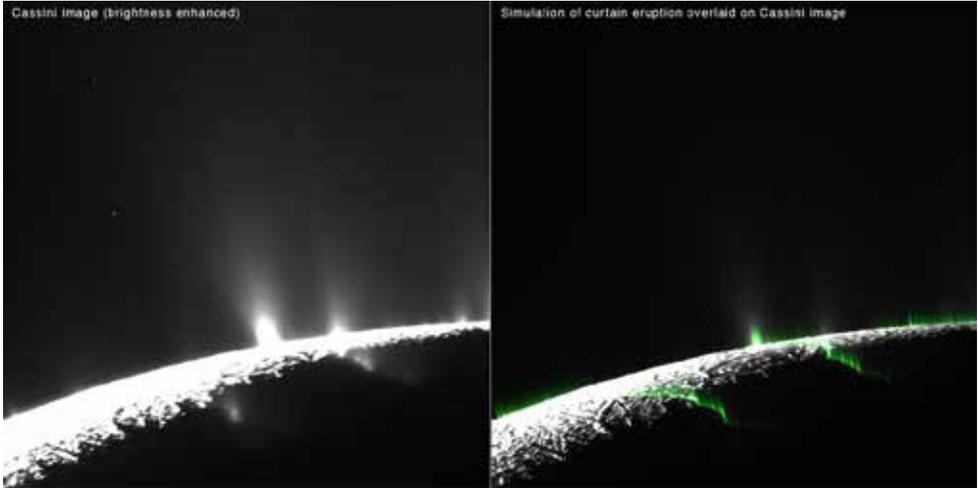
Quelques jets spectaculaires sont pourtant bien réels et correspondent certainement à des sources ponctuelles.

On pense que les éjectas proviennent d'un océan souterrain et les spéculations vont bon train quant à la possibilité de vie dans ce milieu.

La spectroscopie de masse effectuée par Cassini a permis aux astronomes d'élaborer un modèle chimique concluant que les vapeurs sont salées et alcalines, avec un pH de 11 ou 12 équivalent à celui des nettoyants ammoniacés. Il en serait de même de l'océan.

*Image prise par Cassini en 2005 des rayures de tigre près du pôle sud d'Encelade. (NASA/JPL/Space Science Institute)*

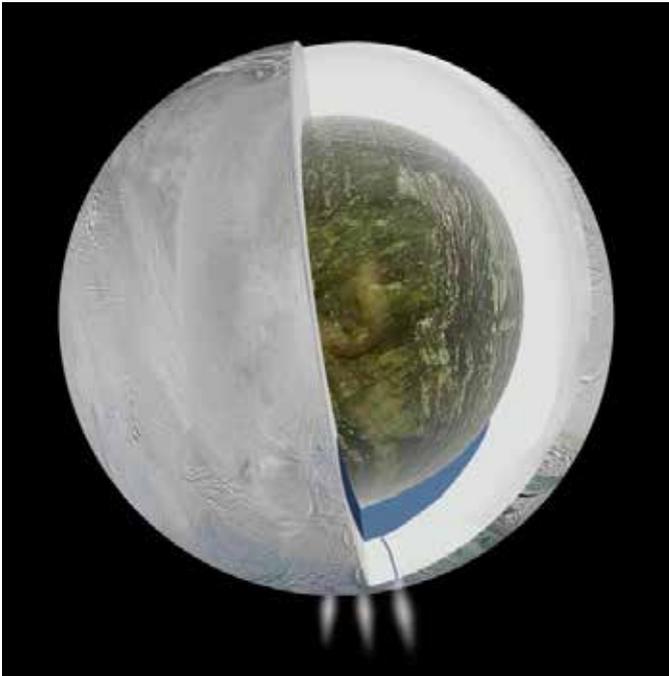




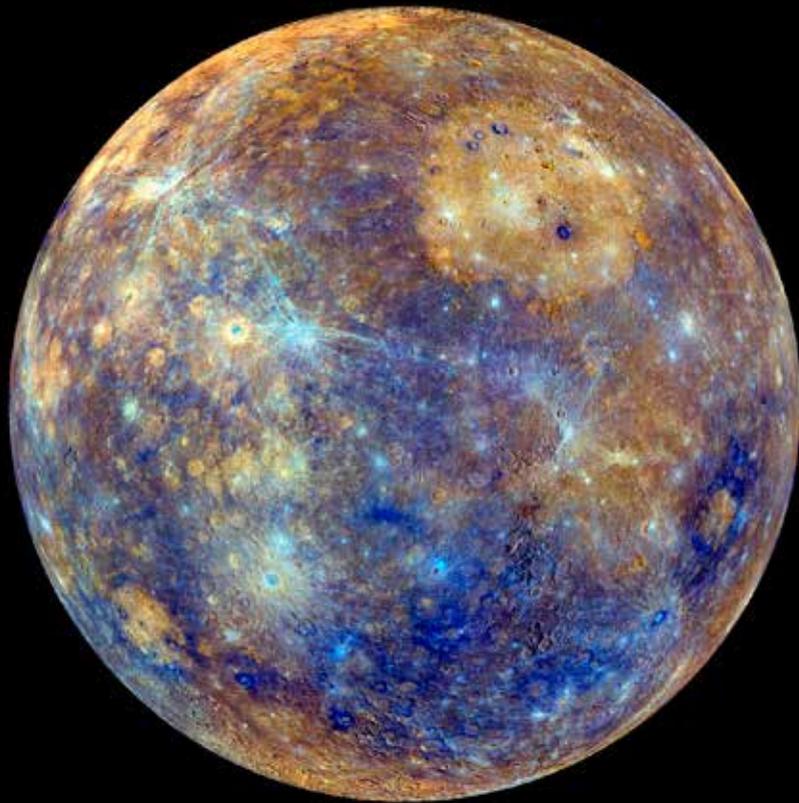
*Les astronomes pensent qu'une illusion est à l'origine de l'apparence de certains jets d'Encelade.  
(NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/  
Planetary Science Institute)*

En plus du chlorure de sodium qui est le même que celui de nos océans et de nos salières, on trouve beaucoup de carbonate de sodium, c'est-à-dire de la soude comme le natron des lacs salés d'Afrique ou d'Amérique.

Le processus qui donne ce pH élevé serait la « serpentinisation », une transformation des minéraux basiques au contact de l'eau océanique. Cette réaction dégage de l'hydrogène qui pourrait se révéler une source d'énergie pour une biosphère sous-marine en l'absence de rayonnement solaire. L'hydrogène peut favoriser la formation de composés organiques conduisant à l'apparition et au développement de la vie.



*Schéma possible de l'intérieur d'Encelade, montrant les éjections au pôle sud et l'océan sous-jacent.  
(NASA/JPL-Caltech)*



## *Messenger*

*D'après un communiqué NASA*

Après sept ans en orbite autour de Mercure et de multiples découvertes, la sonde Messenger s'est écrasée sur la petite planète le 30 avril. La dernière manœuvre de contrôle de la trajectoire avait été effectuée le 24 avril mais il ne restait plus assez de carburant pour maintenir l'orbite au-dessus des reliefs de Mercure.

Parmi les découvertes réalisées par la sonde Messenger, la NASA épingle :

- La face cachée de Mercure. La seule sonde à l'avoir visitée jusqu'à présent était Mariner 10 qui l'avait frôlée à trois reprises dans les années 70. Elle n'avait pu photographier qu'un peu moins de la moitié de la surface. Messenger a maintenant révélé l'entièreté du bassin Caloris, l'un des plus grands du Système solaire et, en découvrant des volcans

***Mercure par Messenger. Les couleurs ont été fortement exagérées afin de faire ressortir les différences physiques et minéralogiques. En haut à droite on voit la grande tache claire du bassin Caloris. (NASA / JHU Applied Physics Lab / Carnegie Inst. Washington)***

à sa périphérie, elle a montré l'importance du volcanisme dans l'évolution de cette planète.

- Les pôles de Mercure. L'axe de la planète est quasi perpendiculaire au plan de l'écliptique et les pôles voient toujours le Soleil à l'horizon. Le moindre relief cache celui-ci de sorte que le fond des cratères situés aux pôles est en permanence dans l'obscurité et le froid. Messenger a pu confirmer la présence de glace à ces endroits, une présence qui avait été soupçonnée dès les années 90 par des observations radar. La glace est parfois recouverte d'un dépôt sombre de matière organique dont l'origine est encore mystérieuse.

- La contraction de Mercure est deux à sept fois plus importante qu'on le croyait. Les escarpements qui marquent la planète comme une pomme fripée sont le signe de cette contraction due au refroidissement de l'énorme noyau de la planète.

- Le champ magnétique de Mercure n'est pas un champ fossile comme on le pensait. La dynamo interne est encore bien active dans le noyau de fer liquide, comme celle de la Terre, et elle génère un champ global.

- L'atmosphère de Mercure, si l'on peut employer ce terme, est extrêmement diffuse, constituée de particules arrachées de la surface par le vent et le rayonnement solaires, ainsi que par les météorites. Cette enveloppe s'étire en une queue de style cométaire sur deux millions de kilomètres et est faite essentiellement d'hydrogène, d'hélium, de sodium, de potassium et de calcium. L'action du vent solaire sur cette queue a pu être surveillée de près par

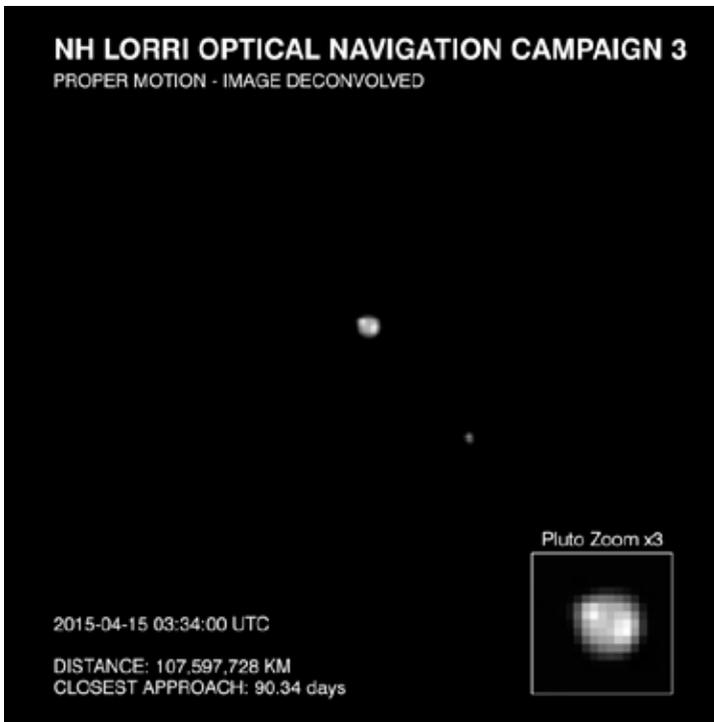
Messenger et a montré une météo solaire bien plus active qu'au niveau de notre planète.

## **Pluton**

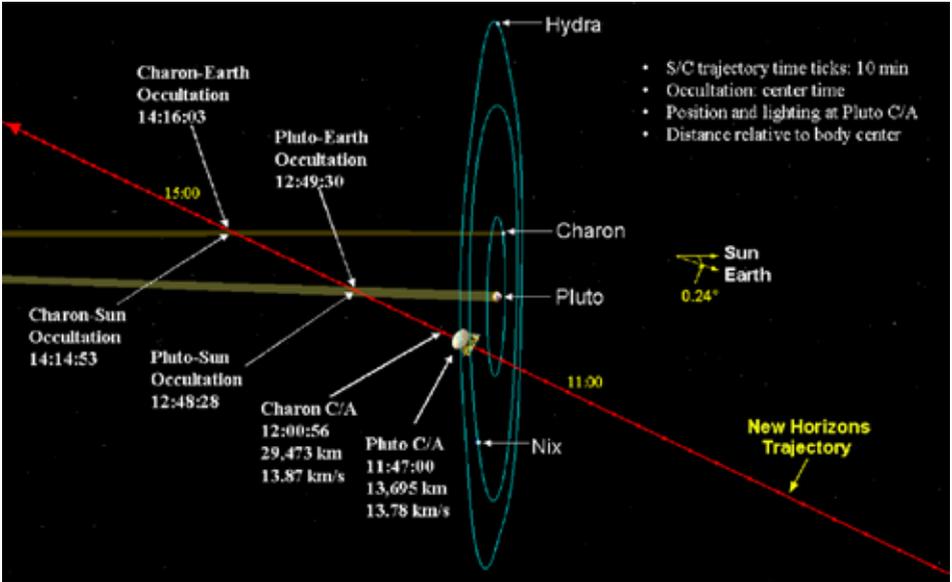
La sonde New Horizons s'approche tranquillement de Pluton qu'elle doit frôler le 14 juillet avant de s'aventurer plus loin encore dans la ceinture de Kuiper et ses mondes mystérieux. « Tranquillement » est une façon de parler, New Horizons est le plus rapide des vaisseaux spatiaux. Il a franchi les cinq milliards de kilomètres qui nous séparent de l'ex-planète devenue planète naine en moins de dix ans.

Au moment où nous écrivons, l'image de Pluton donnée par la sonde n'est plus un gros point mais un petit disque sur lequel on remarque des variations, y aurait-il des calottes polaires ?

Verra-t-on de nouveaux satellites, des anneaux, des volcans. Chaque nouveau monde apporte son lot de surprises et soyons certains que Pluton ne nous décevra pas.

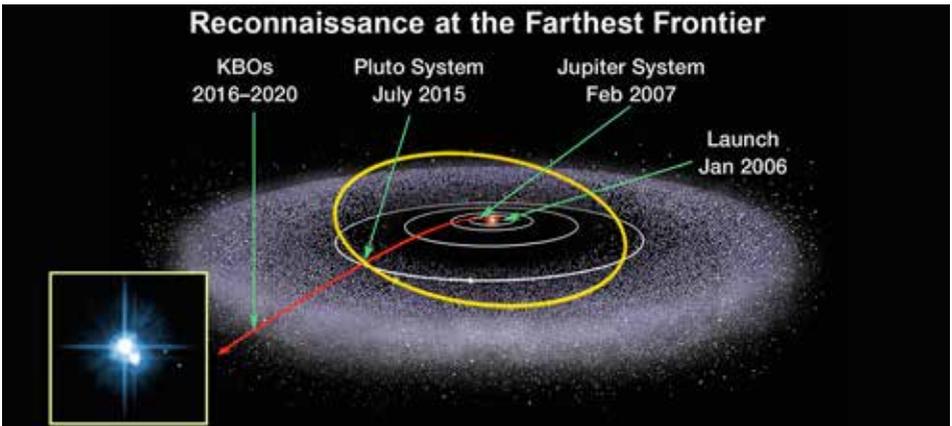


*Pluton vue le 15 avril par New Horizons. La sonde, encore distante de plus de cent millions de kilomètres commençait à montrer des détails de la surface. En-dessous de Pluton, à droite, on peut voir le gros satellite Charon. (NASA / JHU-APL)*



*Séquence des événements prévus lors du passage de New Horizons à proximité de Pluton, le 14 juillet. En orange, la trajectoire de la sonde de dix en dix minutes. En bleu les orbites des principaux satellites. New Horizons traversera rapidement les ombres de Pluton et de Charon. (NASA/JHU-APL)*

*Ci-dessous la trajectoire de New Horizons au travers du Système solaire est également représentée en orange. En jaune on peut voir l'orbite de Pluton et en blanc les orbites des planètes géantes, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Le nuage des objets de la ceinture de Kuiper s'étend au-delà de Pluton. (Alan Stern/NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)*



## 55 Cancrî e : d'énormes variations de température

*Basé sur des communiqués des universités de Liège et de Cambridge*

Découverte en 2004 à l'observatoire McDonald au moyen du Hobby-Eberly Telescope, la planète e du système de 55 Cancrî (55 Cnc=ρ<sup>1</sup> Cnc) tourne autour de son étoile (un astre de type solaire) en un peu moins de 18 heures. Le demi grand axe de son orbite n'est en effet que de 0,016 ua soit 2,4 millions de kilomètres, ce qui lui assure une température très élevée.

Avec une masse initialement évaluée comme étant du même ordre que celle de Neptune (respectivement 14 et 17 masses terrestres) on aurait pu la cataloguer comme une Neptune chaude. Révisée à la baisse, la masse de la planète n'est que de 10 masses terrestres, et son rayon est si petit que la densité moyenne est de 10,9 soit quasiment celle du plomb. On n'a donc pas affaire à une géante gazeuse mais à une super-Terre très grosse et brûlante. On a même pu en faire une planète de carbone, ou de diamant, une idée actuellement un peu délaissée. Une planète de ce type aurait un noyau métallique entouré d'un manteau de divers carbures et éventuellement d'enveloppes de graphite et de diamant.

Un astronome liégeois, Michaël Gillon, et ses collègues ont détecté une augmentation de la température de la planète de pratiquement 300% sur une période de deux ans. Tout

en insistant sur le caractère préliminaire de leurs conclusions, les chercheurs jugent hautement probable que cette variabilité soit due à une intense activité volcanique à la surface de la planète. Ces résultats démontrent pour la première fois que les planètes telluriques en orbite autour d'autres étoiles que le Soleil peuvent elles aussi avoir une activité géologique et une variabilité atmosphérique considérables. C'est en quelque sorte le premier « bulletin météo exo-planétaire » qui vient d'être dressé.

55 Cancrî e, Michaël Gillon la connaît bien : en 2012, l'astrophysicien liégeois avait en effet co-signé un important article qui rendait compte de la première observation de l'émission thermique d'une super-Terre, en l'occurrence cette planète-là, grâce au télescope spatial Spitzer. Comme la planète est très proche de son étoile, il est impossible d'en obtenir une image directe avec les technologies actuelles. En effet, sa lumière est noyée dans celle de son étoile. Néanmoins, le fait qu'elle soit cachée par son étoile une fois par orbite, rend possible la détection indirecte de son émission lumineuse par la mesure précise du flux combiné de l'étoile et de la planète. La baisse d'éclat de l'ensemble étoile-planète correspond à la contribution de la planète, et sa détection donne accès à la mesure de l'émission lumineuse de la planète. Cependant, comme le contraste entre la planète et l'étoile est minuscule dans le spectre visible, de l'ordre du millionième, ce qui est indétectable

par les instruments actuels, les scientifiques ont effectué leur mesure dans l'infrarouge, là où le contraste est nettement plus favorable, de l'ordre du centième de pour cent. Dans cette partie du spectre électromagnétique, l'émission de



**Comparaison de la taille de 55 Cancrî e avec celle de la Terre. (Spitzer/NASA)**

la planète est dominée par son émission thermique propre et non par la lumière stellaire qu'elle réfléchit.

Tout concordait pour faire de 55 Cancri le candidat idéal pour des observations supplémentaires. Tout d'abord, l'étoile n'est pas trop éloignée de notre Terre et est donc très brillante. Elle est très chaude, plus de 2000 K selon la première mesure effectuée par Spitzer. Cette température est supérieure au point de fusion de la plupart des métaux.

Les nouvelles mesures, répétées à plusieurs reprises sur une période d'environ deux ans, montrent que la température de la face jour de la planète peut varier de manière rapide, oscillant entre 1 000 et 2 700 degrés Celsius.

Ce résultat indique que les exoplanètes sont tout sauf des objets immuables. Ce sont de véritables mondes, dynamiques, en constante évolution, tout comme les planètes et lunes qui peuplent notre propre Système solaire.

Bien que les interprétations des nouvelles données soient toujours préliminaires, les chercheurs jugent très probable que la variabilité thermique détectée soit due à des panaches de gaz et de poussières recouvrant par moment la surface partiellement fondue. Ces panaches seraient le produit d'une activité volcanique titanesque, bien plus grande que celle observée sur Io, une lune de Jupiter, l'objet le plus géologiquement actif du Système solaire. En effet, la planète est très proche de son étoile, et son orbite est maintenue dans une géométrie légèrement elliptique par la présence d'une planète géante plus éloignée. Cette configuration doit faire subir à la planète des forces de marée gigantesques capables de produire une activité volcanique intense à sa surface.

*Vue d'artiste de 55 Cnc e dans deux phases distinctes. (R. Hunt/NASA)*



## 51 Pegasi b

*Basé sur un communiqué ESO*

Des astronomes utilisant le « chasseur de planètes » HARPS à l'observatoire de La Silla de l'ESO au Chili ont effectué la toute première détection directe du spectre de lumière visible réfléchi par une exoplanète. Ces observations ont par ailleurs révélé les propriétés encore inconnues du célèbre objet – la première exoplanète découverte autour d'une étoile ordinaire, 51 Pegasi b. Les résultats obtenus au moyen de cette technique augurent des belles découvertes qu'effectueront la prochaine génération d'instruments tel ESPRESSO sur le VLT ainsi que les télescopes à venir tel l'E-ELT.

L'exoplanète 51 Pegasi b se situe à quelque 50 années-lumière de la Terre dans la constellation de Pégase. Elle fut découverte en 1995 et est la toute première exoplanète détectée à proximité d'une étoile normale semblable au Soleil. Elle constitue également l'archétype des Jupiter chauds – des planètes relativement

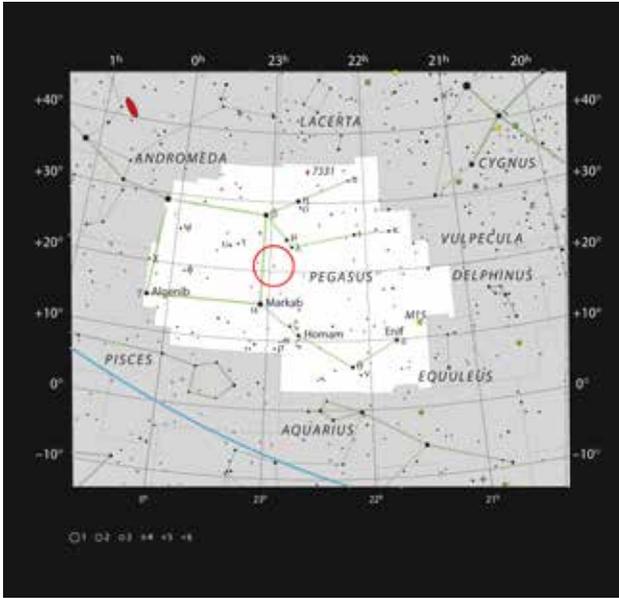
ordinaires, similaires à Jupiter en termes de taille et de masse, bien qu'orbitant à plus faible distance de leurs étoiles hôtes.

Depuis cette découverte historique, l'existence de plus de 1 900 exoplanètes au sein de 1 200 systèmes planétaires a été confirmée. Mais l'année du vingtième anniversaire de sa découverte, l'observation de 51 Pegasi b permet une nouvelle avancée dans l'étude des exoplanètes.

La méthode la plus couramment utilisée de nos jours pour sonder l'atmosphère d'une exoplanète repose sur l'examen du spectre de l'étoile hôte qui traverse l'atmosphère de la planète au cours de son transit – cette technique se nomme spectroscopie de transmission.

*Cette vue d'artiste montre l'exoplanète 51 Pegasi b de type Jupiter chaud, en orbite autour de son étoile. (ESO/M. Kornmesser/Nick Risinger, [skysurvey.org](http://skysurvey.org))*





*Cette carte montre la grande constellation de Pégase. L'étoile 51, peu lumineuse au point d'être insignifiante et difficilement observable à l'œil nu est entourée d'un cercle rouge. (ESO, IAU, Sky & Telescope)*

Cette méthode de détection présente un grand intérêt scientifique parce qu'elle permet de mesurer la masse réelle de la planète ainsi que l'inclinaison de son orbite, deux paramètres essentiels

à une meilleure compréhension du système. Elle conduit également à estimer l'albédo, ou indice de réflexion de la planète, qui permet de déduire la composition de sa surface ainsi que celle de son atmosphère.

Il est ainsi apparu que la masse de 51 Pegasi b avoisinait la moitié de celle de Jupiter, et que son orbite était inclinée de 9 degrés en direction de la Terre. Son diamètre semble être supérieur à celui de Jupiter, et sa surface extrêmement réfléchissante. Ces quelques propriétés sont typiques de celles d'un Jupiter chaud situé à très grande proximité de son étoile hôte et donc exposé à un ensoleillement intense.

L'utilisation de HARPS s'est avérée cruciale pour cette étude. Et le fait que ce résultat ait été obtenu au moyen du télescope de 3,6 mètres de l'ESO, qui offre un domaine d'application restreint de cette technique, constitue une excellente nouvelle pour les astronomes. Ce type d'équipement sera bientôt supplanté en effet par de nouveaux instruments bien plus performants, destinés à équiper de plus grands télescopes tels le VLT de l'ESO et le futur Télescope Géant Européen.

Une autre approche consiste à observer le système lorsque l'étoile passe devant la planète, et à en déduire la température de l'exoplanète.

La nouvelle technique ne dépend pas d'un transit planétaire. Elle est donc susceptible d'être appliquée à l'étude d'un plus grand nombre d'exoplanètes. En outre, elle permet la détection directe du spectre planétaire dans le domaine visible, et donc la caractérisation de nouvelles propriétés planétaires impossibles à acquérir au moyen des autres méthodes.

On recherche la signature du spectre de l'étoile hôte dans la lumière censée être réfléchiée par la planète lorsqu'elle décrit son orbite. La lueur des planètes étant extrêmement faible comparée à l'éclat de leurs étoiles hôtes, cette tâche s'avère particulièrement délicate. Par ailleurs, le signal en provenance de la planète se trouve aisément masqué par d'autres effets mineurs et diverses sources de bruit. La méthode appliquée aux données collectées par HARPS sur 51 Pegasi b a permis de surmonter l'ensemble de ces difficultés, ce qui constitue une formidable preuve de la validité du concept.

## **Formation d'étoiles dans les galaxies elliptiques**

La façon dont les galaxies elliptiques, inertes, massives et largement répandues dans l'Univers actuel ont cessé de produire des étoiles à un rythme effréné, constitue l'une des questions majeures de l'astrophysique moderne. Typiquement, ces énormes galaxies sphéroïdales ont une densité d'étoiles dix fois plus élevée que les régions centrales de notre galaxie et une masse dix fois supérieure.

Les astronomes ont mis en évidence la cessation progressive de la formation d'étoiles au sein de ces galaxies il y a des milliards d'années. Des observations effectuées au moyen du VLT de l'ESO et du télescope spatial Hubble ont révélé que trois milliards d'années après le Big Bang ces galaxies continuaient de donner naissance à des étoiles uniquement dans leurs régions périphériques. Le processus de formation stellaire semble avoir pris fin au cœur même des galaxies, puis s'être propagé à la périphérie.

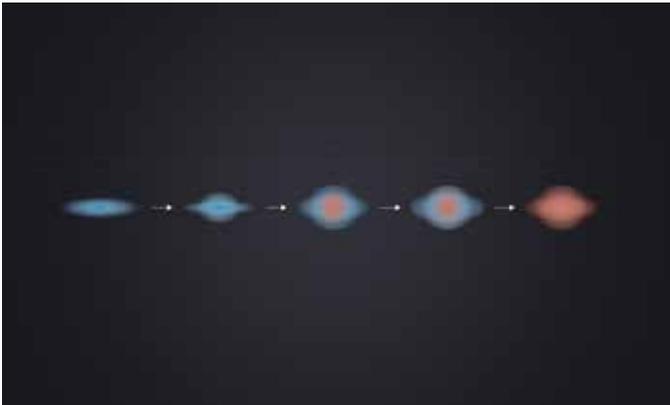
Ce résultat devrait éclairer les astronomes sur les mécanismes sous-jacents impliqués dont ils débattent depuis fort longtemps.

Une théorie prépondérante stipule que la matière première des étoiles se trouve dispersée par des torrents d'énergie libérés par



*Les galaxies elliptiques massives et paisibles comme IC 2006 abondent dans l'Univers actuel. Trois milliards d'années après le Big Bang elles formaient encore des étoiles dans leurs régions extérieures. (ESA/NASA/Hubble)*

un trou noir supermassif situé au cœur de la galaxie, à mesure que ce dernier engloutit la matière environnante. Une autre théorie envisage la possibilité que la galaxie ne soit plus alimentée en gaz frais, la privant du carburant nécessaire à former de nouvelles étoiles et la transformant progressivement en une sphéroïdale rouge et inerte.



*Schéma d'évolution des galaxies. Les régions de couleur bleue sont celles de formation d'étoiles. Les régions de couleur rouge n'abritent en revanche que de vieilles étoiles rougeoyantes; ces zones « passives » sont totalement dépourvues de jeunes étoiles bleues en cours de formation. Les galaxies géantes de type sphéroïdal qui en résultent et qui peuplent l'Univers actuel figurent sur la partie droite du diagramme. (ESO)*

## Taches sur Véga

Basé sur un communiqué CNRS/INSU

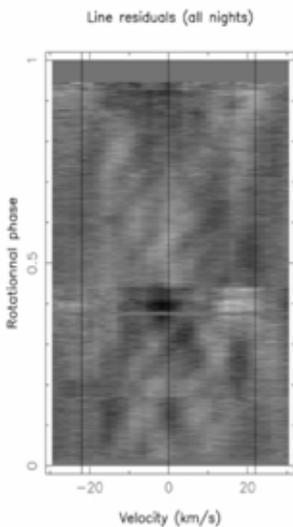
Pour la première fois les astronomes ont pu mettre en évidence l'existence de taches sur la surface d'une étoile de masse intermédiaire, en l'occurrence Véga,  $\alpha$  de la Lyre. Ce résultat inattendu amène de nouvelles contraintes importantes sur l'évolution stellaire des étoiles de masse intermédiaire, plus particulièrement les mécanismes de génération de leurs champs magnétiques. Il ouvre une fenêtre vers des informations auparavant inaccessibles.

Véga, l'une des étoiles phares de l'hémisphère nord a été abondamment étudiée par les astronomes. Sa masse est double de celle du Soleil et sa température de surface est de l'ordre de 10 000°C. C'est une étoile de classe spectrale A. Elle tourne très vite sur elle-même, sa période de rotation étant proche de 0,68 jours terrestres. Véga est une référence de stabilité – un standard – pour les mesures de flux lumineux depuis plus de 150 ans. Ainsi, même si quelques variations de très faible amplitude avaient été rapportées dans le passé, aucune périodicité n'avait pu être mise en évidence.

En 2009, un champ magnétique très faible a été détecté sur Véga et par la suite aussi sur d'autres étoiles de la même classe spectrale. Alors que le champ magnétique du Soleil est engendré par un mécanisme dynamo dans son enveloppe convective, l'origine des champs magnétiques à la surface d'étoiles qui n'ont pas d'enveloppe convective telles que Véga est un mystère. Une des caractéristiques de la dynamo solaire est sa variabilité temporelle qui se manifeste notamment par l'apparition et la disparition des taches. Des structures similaires sont-elles présentes à la surface de Véga et peuvent-elles nous apporter des indices quant à l'origine de son champ magnétique ? Des travaux récents effectués avec le satellite Kepler l'ont suggéré grâce à la détection, dans environ 40% des étoiles A, d'une modulation de l'éclat en phase avec la rotation de l'étoile.

L'étude de 2 500 spectres à haute résolution obtenu à l'observatoire de Haute-Provence a montré une modulation similaire du profil des raies spectrales ce qui a permis d'en extraire la signature de taches sur la surface de l'étoile (voir figure ci-dessous). Ces plages sont surtout localisées à des latitudes assez basses, proches de l'équateur stellaire.

Cette découverte indique que ces mêmes étoiles ont une activité magnétique complexe. De plus, elle ouvre une toute nouvelle fenêtre d'observation. En effet, un grand nombre d'informations supplémentaires sur les conditions physiques des étoiles A sont maintenant accessibles : rotation stellaire, activité magnétique de surface et structure interne. Ainsi Véga, malgré les nombreuses études qui lui ont déjà été consacrées, nous offre encore des résultats passionnants.

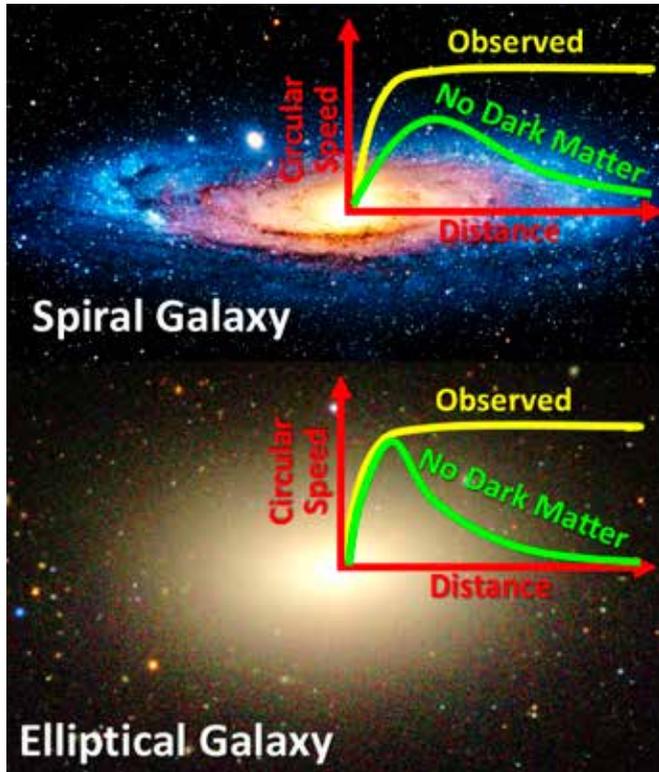


**Signatures de taches dans le spectre dynamique de Véga. Le profil de la raie spectrale s'étend entre les deux traits verticaux extrêmes. Chacun des 2 500 spectres différentiels (les spectres moins leur moyenne) est replacé à la phase résiduelle. © ESO**

*La vitesse des étoiles sur des orbites circulaires a été mesurée autour de galaxies spirales et elliptiques. En l'absence de matière noire la vitesse devrait diminuer avec la distance de façon différente pour les deux types de galaxies. On pense que c'est la matière noire qui maintient une vitesse constante dans les deux cas. (M. Cappellari, the Sloan Digital Sky Survey)*

### **Matière noire**

Le projet SLUGGS qui étudie la cinématique des étoiles autour des galaxies proches montre la constance des vitesses à grande distance du noyau des elliptiques comme des spirales. Cet effet peut s'interpréter au moyen d'une distribution particulière de la matière noire, mais aussi par une modification des lois de Newton.



### **La galaxie lointaine EGS-zs8-1**

Les limites de l'exploration des galaxies ont été repoussées jusqu'à l'époque où l'univers n'avait que 5% de son âge actuel qui est de 13 milliards 800 millions d'années. Les astronomes ont en effet découvert une galaxie exceptionnellement brillante et déterminé sa distance grâce aux télescopes spatiaux Hubble et Spitzer, ainsi qu'au télescope Keck I de 10 mètres à Hawaï. C'est la galaxie la plus lointaine mesurée et son âge n'est que d'une centaine de millions d'années.

Cette galaxie, EGS-zs8-1, avait d'abord été identifiée par ses couleurs anormales sur des images prises par Hubble et Spitzer.

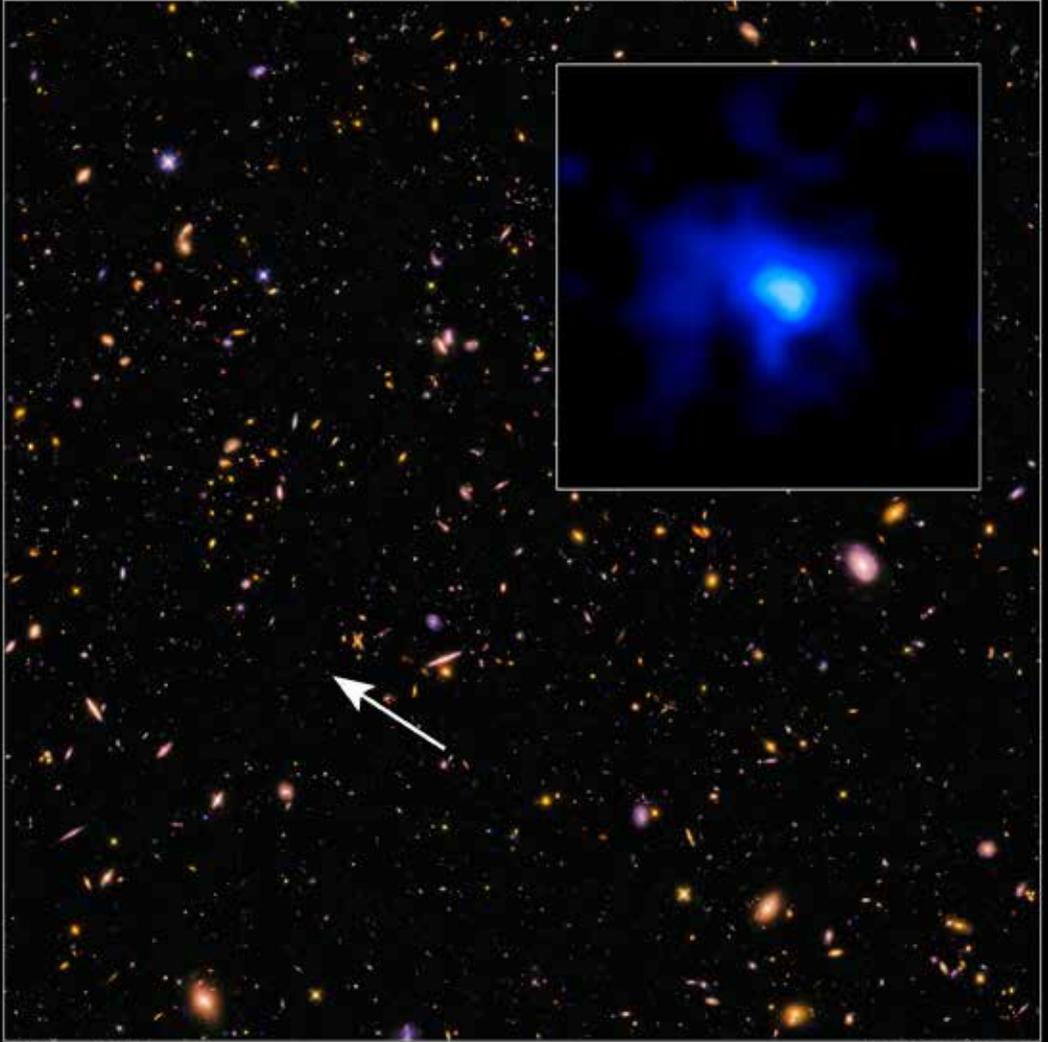
On ne connaît la distance que de peu de galaxies dans l'Univers jeune et chaque confirmation apporte une nouvelle pièce au puzzle de l'origine des galaxies. Celle-ci est l'une des

plus massives de cette période (15 pour cent de la masse de notre galaxie) et elle fabrique des étoiles à un rythme effréné, 80 fois supérieur à celui de la Voie lactée qui est d'une étoile par an. EGS-zs8-1 est observée à une étape importante de l'évolution de l'Univers, la réionisation, qui rend l'hydrogène transparent et dont les étoiles jeunes de galaxies comme EGS-zs8-1 sont les principales responsables. Les couleurs particulières de ces galaxies témoignent de la présence de nombreuses étoiles massives pouvant interagir avec le gaz primordial.

L'étude des galaxies aux confins de l'univers restera l'une des priorités des astronomes dans les prochaines années et un sujet important pour le télescope spatial James Webb qui devrait être lancé en 2018.

Distant Galaxy

Hubble Space Telescope ■ ACS/WFC ■ WFC3/IR



NASA and ESA

STScI-PRC15-22a

*Image par le télescope spatial Hubble de la galaxie EGS-zs8-1, la plus lointaine mesurée à ce jour. Le champ fait partie du survey CANDELS (Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey) et l'image combine des données dans l'infrarouge et le visible. Le télescope Keck a permis de déterminer le redshift record (7,7) de EGS-zs8-1. L'image infrarouge montrée dans l'encadré a été coloriée en bleu pour évoquer les étoiles jeunes, bleues, de la galaxie.  
(NASA, ESA, P. Oesch, I. Momcheva/Yale University, 3D-HST, HUDF09/XDF)*