

# LA VÉRITÉ SUR LES

**Les découvertes** de “nouvelles Terre” ont beau se succéder, aucun monde extrasolaire ne peut être aujourd’hui comparé à la planète bleue. Espérer découvrir notre clone dans le ciel n’est-il pas illusoire ?

Dossier réalisé par David Fossé

# EXOTERRRES

Les 7 candidates  
au titre de  
"Miss Terre"

p. 40

**L**E 5 décembre 2011, avec un talent certain pour la publicité, la Nasa annonce la découverte de Kepler 22b, "première planète avec un rayon connu à tourner dans la zone habitable d'une étoile autre que le Soleil". Repérée par le télescope spatial américain Kepler (voir encadré p. 38), la nouvelle venue tourne en 290 jours autour d'un astre identique au nôtre. Comme la Terre, elle est dans la zone habitable (voir lexique) de son étoile. Les médias s'emballent... Oui, mais voilà : avec ses 2,4 rayons

terrestres, Kepler 22b est un peu trop grosse pour être vraiment comparée à notre planète. Il n'est même pas certain qu'elle soit rocheuse.

Deux semaines plus tard, nouvelle annonce fracassante ! Kepler, cette fois, a découvert deux planètes d'une taille comparable à la Terre. Le diamètre de Kepler 20f est quasi identique à celui de la planète bleue. Kepler 20e, elle, est un peu plus petite que Vénus. Dans un élan de lyrisme, le grand chasseur d'exoplanètes Geoffrey Marcy parle de "moment

Vincent Coudé du Foresto  
*"Nous ne  
cherchons plus  
un clone de  
notre planète"*

p. 44

## LEXIQUE

### MÉTHODE DES VITESSES

**RADIALES** : détection d'une planète et détermination de sa masse, grâce au petit mouvement circulaire qu'elle imprime à son étoile.

### MÉTHODES DES TRANSITS :

détection d'une planète et détermination de sa taille, grâce à l'infime baisse d'éclat stellaire lors du passage de la planète devant son étoile.

**NOM** : les exoplanètes, ou planètes extrasolaires, sont baptisées du nom de leur étoile, suivi d'une lettre en minuscule. Exemple : HD 85512b, première planète découverte autour de l'étoile HD 85512.

**SUPER-TERRE** : astre dont la masse se situe entre 2 et 10 fois celle de la Terre. Cette catégorie regroupe des objets variés, allant des grosses planètes rocheuses aux miniplanètes gazeuses, en passant par les planètes-océans.

**UNITÉ ASTRONOMIQUE, OU UA** : unité de distance équivalant à la distance moyenne Terre-Soleil, soit 150 millions de kilomètres.

**ZONE HABITABLE** : région autour d'une étoile où l'eau liquide peut exister à la surface d'une planète.

D. Durand/CE Photos

## La quête d'une autre Terre en 6 dates

**1992** Dale Frail et Aleksander Wolszczan annoncent la découverte de deux planètes rocheuses autour d'un cœur d'étoile morte, le pulsar PSR B1257+12 (lire *C&E* n°500, p. 92).

**1995** Michel Mayor et Didier Queloz découvrent une planète gazeuse autour d'une étoile de type solaire, 51 Pegasi. Surprise : cette géante orbite très près de son soleil puisqu'elle boucle une révolution en seulement 4 jours.

**1999** Upsilon Andromedae devient la première étoile dotée de plusieurs planètes. Composé de géantes parfois plus massives que Jupiter, ce système planétaire n'a rien de comparable au nôtre.

**2007** La première planète située dans la zone habitable (voir lexique p. 36) de son étoile est découverte autour de Gliese 581, une naine rouge située à seulement 20 années-lumière de la Terre.

**2009** La densité de la planète Corot 7b (débusquée par le satellite français Corot) indique que c'est la première exoplanète rocheuse jamais découverte.

**2011** Kepler 20f devient la première exoplanète aux dimensions identiques à la Terre. Toutefois, elle est trop proche de son soleil pour être considérée comme une jumelle de la planète bleue.

décisif dans l'histoire de l'humanité", comparable au débarquement de l'homme sur la Lune. Peut-être, mais ces deux astres ne sont pas vraiment des Terre. Situés respectivement à 0,14 et 0,06 UA de leur soleil, leur température dépasse les 400°C...

Ainsi va la quête d'une autre Terre ces temps-ci. Lorsqu'une exoplanète est à la distance requise, elle est beaucoup trop grosse. Lorsque sa taille convient, elle est beaucoup trop près de son étoile. Et le plus souvent, la masse de la prétendante est inconnue ! Une vraie Terre extrasolaire reste insaisissable, et il y a de bonnes raisons à cela. "La taille et la masse des exoplanètes sont mesurées par des méthodes qui visent des cibles différentes", note l'astrophysicien italo-suisse Francesco Pepe, qui a lui-même découvert cet été un spécimen de 3,6 masses terrestres – mais de taille inconnue – dans la zone habitable d'un autre soleil. Pour détecter ses proies, le satellite Kepler utilise la méthode des transits (voir lexique), qui nécessite d'observer d'autant plus de passages d'une planète qu'elle est petite. À ce jeu-là, les plus petits corps détectables sont évidemment ceux qui tournent vite au plus près de leur étoile. Hélas ! pour des raisons de pure statistique (voir l'interview p. 44), les étoiles de Kepler sont aussi lointaines et faibles. L'autre grande méthode, celle des vitesses radiales (voir lexique), "détecte les planètes en mesurant leur masse minimale autour d'objets relativement brillants et proches", explique Francesco Pepe. La plupart du

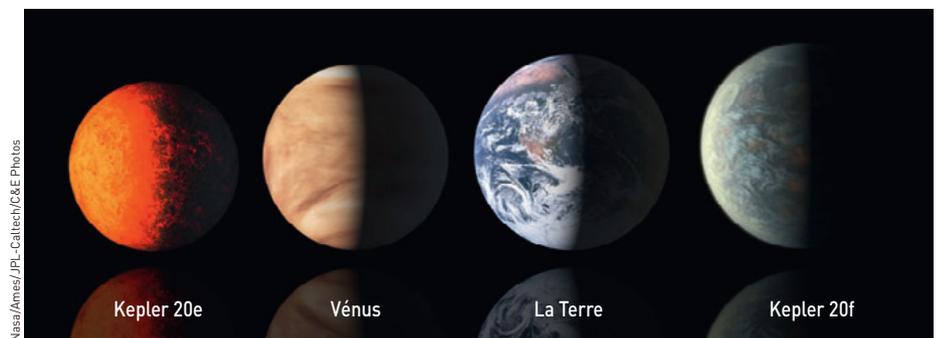


François Fressin a découvert les deux premières planètes d'une taille comparable à la Terre : Kepler 20e et Kepler 20f. Cet ancien membre de l'équipe du satellite Corot travaille aujourd'hui aux États-Unis.

temps, elle ne permet pas d'étudier les cibles de Kepler. Et comme il n'y a qu'une très faible chance pour qu'une planète découverte par cette méthode transite de surcroît devant son étoile<sup>(1)</sup>, celles dont à la fois la masse et le rayon sont connus restent rares. Aucune en tout cas n'est aussi "légère" que la Terre. La quête d'une autre planète bleue serait-elle une chimère ?

Au laboratoire d'astrophysique de Bordeaux, Franck Selsis n'est pas loin de le penser. Pas parce que mesurer la masse, la taille et la distance à son étoile d'un si petit corps est difficile, mais parce que "ces trois paramètres seuls ne suffisent pas à dire à quoi ressemble une planète". Ce que nous avons appris de l'extraordinaire diversité des 720 exoplanètes

Deux des cinq planètes trouvées autour de l'étoile Kepler 20 sont comparables en taille à Vénus et à la Terre. Mais on ne sait rien de leur masse, donc de leur densité et de leur composition.



Nasa/Ames/JPL-Caltech/C&E Photos



## Kepler, chasseur en sursis

↳ Lancé en mars 2009 par la Nasa, Kepler est un télescope spatial de 1,4 m de diamètre qui surveille en continu 170 000 étoiles entre Deneb et Véga. Sa sensibilité est telle qu'il est capable de déceler l'infime baisse d'éclat (0,01 %) que provoque une planète de la taille de la Terre lorsqu'elle passe devant son étoile. À ce jour, Kepler a repéré 2326 planètes potentielles, dont 207 de la taille de la Terre. Mais le travail de confirmation est long : 33 candidates seulement sont devenues des planètes à part entière. L'objectif numéro un de Kepler est de déterminer la fréquence des planètes rocheuses dans la zone habitable des étoiles de type solaire. Selon Geoffrey Marcy, il pourrait être atteint d'ici fin 2014. Mais pour cela, il faudra que la Nasa accepte de prolonger la mission, censée s'achever à la fin de cette année...

## Être ou ne pas être une planète

connues à ce jour, et particulièrement des plus petites, c'est que leur physionomie dépend *in fine* du détail de leur composition. D'où les questions nouvelles qui se posent. "Par exemple, que se passerait-il si la Terre était composée de 1 % d'eau, au lieu de 0,1 % ? Posséderait-elle encore un volcanisme ? Des terres émergées ? Abriterait-elle la vie ?" s'interroge Franck Selsis. D'où, aussi, la conviction du découvreur de Kepler 20e et 20f, le Français François Fressin (du Center for Astrophysics de Harvard), que repérer une jumelle parfaite de la Terre est illusoire : "Il y a trop de critères à prendre en compte !" D'ailleurs, ce n'est plus la recherche de notre double qui motive aujourd'hui les astrophysiciens. "Le vrai défi, c'est la caractérisation détaillée des exoplanètes : structure interne et atmosphère", explique Francesco Pepe. De toutes les exoplanètes. À commencer par celles qui sont les plus faciles à étudier. "Avec le successeur de Hubble, le JWST <sup>(2)</sup>, on pourra peut-être identifier des signatures chimiques de la vie dans l'atmosphère de super-Terre autour d'étoiles naines rouges", espère Xavier Bonfils, qui a notamment découvert les planètes Gliese 667C c et Gliese 581d (lire p. 40).

D'ici là, les chasseurs d'exoplanètes devraient se rapprocher un peu plus du profil terrestre. "Kepler trouvera des candidates du calibre approximatif de la Terre et dans la zone habitable de leur étoile avant fin 2012", pronostique Geoffrey Marcy. Si l'on en croit les statistiques selon lesquelles au moins une étoile sur trois est entourée d'une planète inférieure à 10 masses terrestres, les "planètes à la mode" dont s'amuse Franck Selsis ne devraient pas manquer dans les mois à venir. ●

(1) Moins d'une chance sur 200 dans le cas d'une planète à 1 UA de son étoile.

(2) JWST : télescope spatial James Webb.

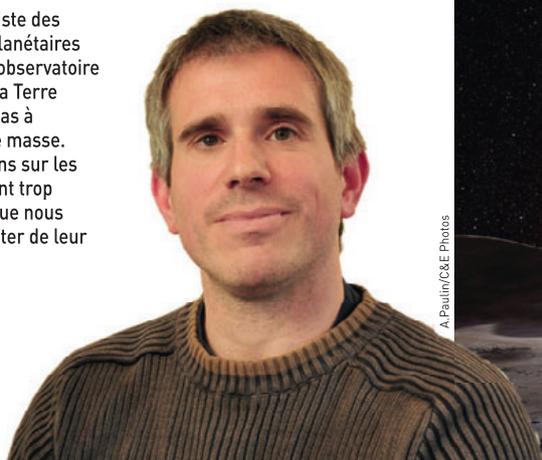
+ C À lire sur [www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr)

L'annonce des découvertes de Kepler 22b et des deux planètes de Kepler 20 :

[www.cieletespace.fr/node/8229](http://www.cieletespace.fr/node/8229)

[www.cieletespace.fr/node/8281](http://www.cieletespace.fr/node/8281)

Pour le spécialiste des atmosphères planétaires Franck Selsis (observatoire de Bordeaux), la Terre ne se résume pas à un rayon et une masse. Nos informations sur les exoplanètes sont trop limitées pour que nous puissions discuter de leur habitabilité.



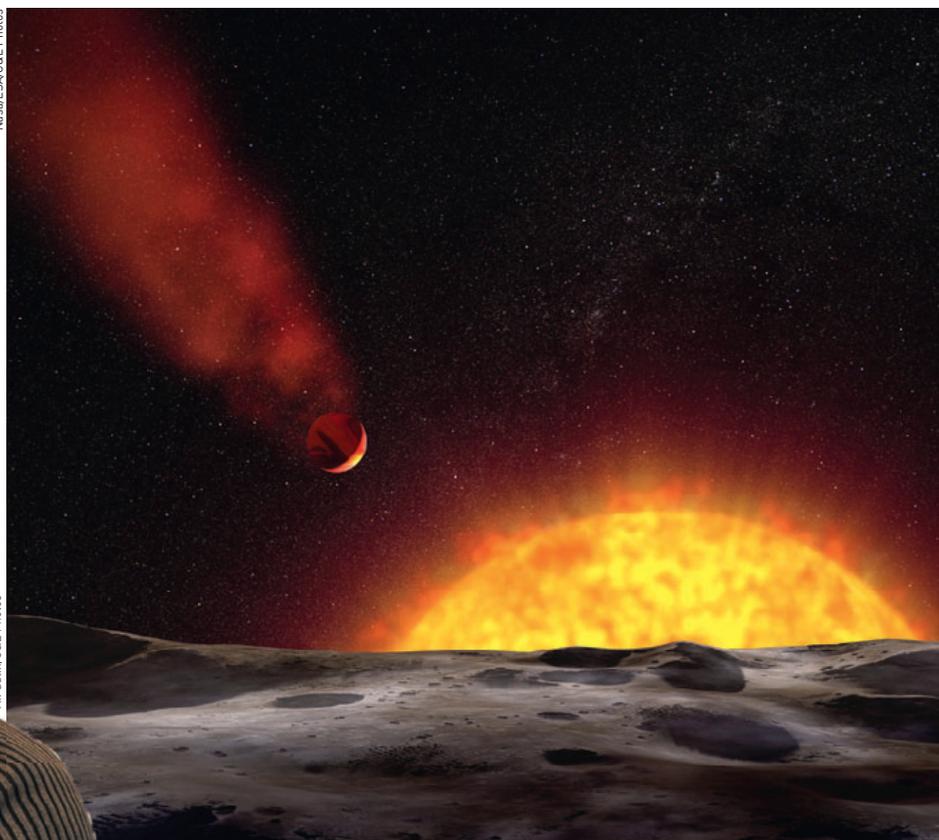
↘ La chasse aux petites exoplanètes est un art subtil. Connaissant seulement la baisse d'éclat périodique d'une étoile — c'est la méthode des transits (voir lexique), utilisée par le satellite Kepler —, comment s'assurer qu'une planète en est la cause ? "Tout un tas de situations peuvent produire une baisse d'éclat comparable à celle d'une petite planète", souligne François Fressin (Harvard). La plus commune, c'est une étoile peu lumineuse qui rase le bord d'une autre. Kepler a déjà repéré 2 165 de ces étoiles binaires à éclipses. "Une grosse planète qui passe devant une étoile indiscernable de celle que l'on vise peut aussi être confondue avec une petite planète", ajoute le chercheur français. Dans l'idéal, il faut alors

s'assurer de sa masse par la méthode des vitesses radiales (voir lexique). Sauf que les étoiles visées par Kepler sont si peu brillantes que, pour les planètes les plus légères, c'est pratiquement impossible ! Avec son collègue Guillermo Torres, François Fressin a donc conçu un puissant logiciel, Blender, qui recense les cas susceptibles de mimer les observations de Kepler, puis quantifie leur probabilité. "Si l'hypothèse d'une planète autour de l'étoile que l'on vise est au moins 300 fois plus probable que toute autre combinaison, alors la découverte est validée", explique François Fressin. Cette méthode a permis de confirmer une douzaine de petites exoplanètes en 2011, dont Kepler 22b, Kepler 20e et Kepler 20f.

Avant de décider si une exoplanète peut abriter la vie ou non, les astrophysiciens devront s'assurer qu'ils savent bien décrypter sa lumière, où est codée toute l'information sur son atmosphère. Ce travail a déjà commencé pour les plus grosses planètes proches de leur étoile.

Nasa/ESA/C&E Photos

A. Paulin/C&E Photos



# Les 7 candidates au titre de "Miss Terre"

**Pour tout chasseur** d'exoplanètes, elles ont des mensurations de rêve. Leurs noms imprononçables circulent de colloque en colloque. Et certaines ont même fait la une des médias ! Voici le classement des sept planètes extrasolaires les plus ressemblantes à la Terre.

**Q** U'EST-CE qu'une exoplanète analogue à la Terre ? Le 5 décembre 2011, lors d'une conférence consacrée aux résultats du satellite Kepler, l'astrophysicienne Jill Tarter posait cette question faussement naïve à son auditoire. Pour les chasseurs d'exoplanètes, dont l'Italo-Suisse Francesco Pepe, cela ne fait aucun doute : "C'est une planète d'environ la masse et la taille de la Terre, située dans la zone habitable d'une étoile semblable au Soleil." Pour ceux qui pensent que la caractéristique principale de notre planète est d'abriter la vie et que l'apparition de celle-ci est extrêmement improbable, un analogue à la Terre doit aussi posséder un gros satellite et un champ magnétique global, être d'une densité de 5 g/cm<sup>3</sup>, appartenir à un système planétaire doté d'une Jupiter à 5 UA de l'étoile (voir lexique p. 36) et d'un réservoir de comètes, être âgé de plusieurs milliards d'années, etc. Pour ceux enfin qui recherchent une intelligence extraterrestre, comme Jill Tarter, "c'est uniquement l'existence d'une technologie que nous pourrions détecter à distance qui nous permettra de qualifier une planète d'analogue à la Terre".

Comment choisir ? Il faut bien reconnaître que les critères du concours "Miss Terre" sont assez subjectifs... Si l'on admet que le trait le plus caractéristique de notre planète

est la vie, pourquoi une super-Terre dans la zone habitable (voir lexique) d'une étoile naine rouge devrait paraître moins intéressante qu'une planète aux mensurations exactes de la Terre, mais un peu trop proche d'un jumeau du Soleil pour que de l'eau y coule ? Et d'ailleurs, la Terre offre-t-elle les conditions optimales pour l'apparition de la vie ? Autrement dit, la similarité avec notre planète est-elle le meilleur gage de succès dans la recherche d'une autre biosphère ?

Pour tenter d'y voir plus clair, l'équipe d'Abel Méndez (université de Porto Rico, à Arecibo) a imaginé différents indices pour classer les exoplanètes. L'indice de similarité avec la Terre (ESI, voir encadré p. 41) passe les exoplanètes sous la toise de notre propre monde — le seul, après tout, pour lequel nous avons la certitude que la vie est apparue. C'est le concours "Miss Terre". L'indice principal d'habitabilité (SPH) tente de s'extraire du biais "terrocentrique" en ne considérant que la température de surface et le taux d'humidité d'une planète, censés optimiser la production de végétation.

Pour le moment, faute d'informations suffisantes sur les exoplanètes que l'on découvre, le seul indice utilisable est l'ESI. Nous nous en sommes inspirés pour réaliser notre classement. ●

1

Gliese 667Cc

## La massive tempérée

Masse : 3,9 masses terrestres

Rayon : ?

Son étoile : naine rouge

Distance à l'étoile : 0,28 UA

Période de révolution : 28 jours

En zone habitable : Oui

ESI : 0,87

2

HD 85512b

## La rocheuse bien placée

Masse : 3,6 masses terrestres

Rayon : ?

Son étoile : naine rouge

Distance à l'étoile : 0,26 UA

Période de révolution : 54 jours

En zone habitable : Oui

ESI : 0,79



ESO

**C'EST LA NOUVELLE** coqueluche des exobiologistes. À seulement 22 années-lumière de la Terre, Gliese 667Cc reçoit pratiquement autant d'énergie de sa naine rouge que la nôtre du Soleil. Autrement dit, elle circule en plein dans la zone habitable de son étoile ! Est-ce une super-Terre, c'est-

à-dire une planète rocheuse où pourrait couler de l'eau ? Pour le savoir, il faudrait pouvoir mesurer son rayon — et donc sa densité — en la voyant passer devant son étoile. Ce qui nécessite un alignement entre la Terre, la planète et son étoile qui n'a que 2 % de chance de se produire... Croisons les doigts !

**DÉCOUVERTE** en août 2011 dans la constellation des Voiles, HD 85512b est la plus "légère" des planètes connues dans la zone habitable d'une étoile. Il pourrait s'agir d'une super-Terre, à peine 40 % plus grande que notre planète dans l'hypothèse d'une composition comparable. Dans ce cas, une couverture nuageuse

de plus de 50 % permettrait à HD 85512b d'avoir la même température de surface que la Terre. Son étoile est une naine orange du même âge que le Soleil, 30 % moins massive et un peu plus froide. Jusqu'à nouvel ordre, HD 85512b mérite probablement de partager avec Gliese 667Cc le titre de Miss Terre...



ESO/C&E Photos

## Kepler 22b Waterworld

# 3

Masse : ?
Rayon : 2,4 rayons terrestres
Son étoile : similaire au Soleil
Distance à l'étoile : 0,85 UA
Période de révolution : 290 jours
En zone habitable : oui
ESI : 0,75

**ANNONCÉE** à grand renfort de communication par la Nasa, Kepler 22b est la première planète découverte par Kepler dans la zone habitable d'un sosie du Soleil à 600 années-lumière de nous. Cela dit, c'est à peu près son seul point commun avec la Terre... Compte tenu de sa taille, c'est probablement une planète dotée

d'une atmosphère épaisse : une mini-Neptune d'une trentaine de masses terrestres, parfaitement inhospitalière. Dans le meilleur des cas, c'est une planète-océan (recouverte d'eau sur plusieurs kilomètres d'épaisseur). Une belle illustration du fait qu'il ne faut pas confondre "zone habitable" avec "planète habitable"...



Nasa/Ames/JPL-Caltech/C&E Photos

## L'ESI, un indice de similarité

➤ Élaboré par l'équipe d'Abel Méndez, l'indice de similarité avec la Terre (ESI) prend en compte les différentes caractéristiques d'une exoplanète (taille, composition, température de surface...). Sur cette échelle de 0 à 1 (cas de la Terre), la note de Mars vaut 0,7. Selon l'astrophysicien portoricain, toute planète dont l'ESI dépasse 0,8 peut être considérée comme un analogue de la Terre. À noter : un même ESI, combinaison de plusieurs facteurs, peut s'appliquer à des planètes de nature très différente, comme ici Kepler 20f et Kepler 11f. Par ailleurs, ce chiffre doit être manipulé avec précaution, en particulier lorsque la masse ou le rayon de la planète n'a pas été mesuré.



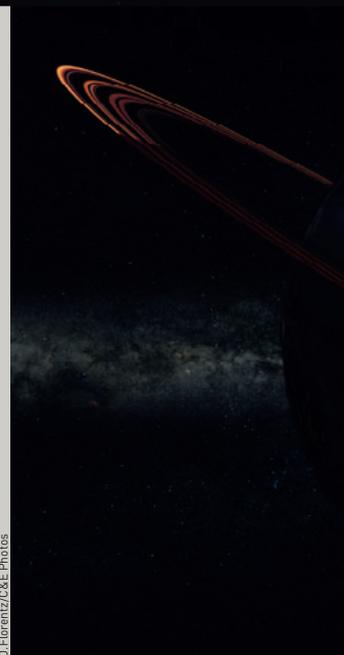
L. Brier/C&E Photos



Kepler 11f

La géante enflée

D. Florentz/C&E Photos



Masse : 5,6 masses terrestres

Rayon : ?

Son étoile : naine rouge

Distance à l'étoile : 0,22 UA

Période de révolution : 67 jours

En zone habitable : Oui

ESI : 0,7

Gliese 581d

La froide cousine

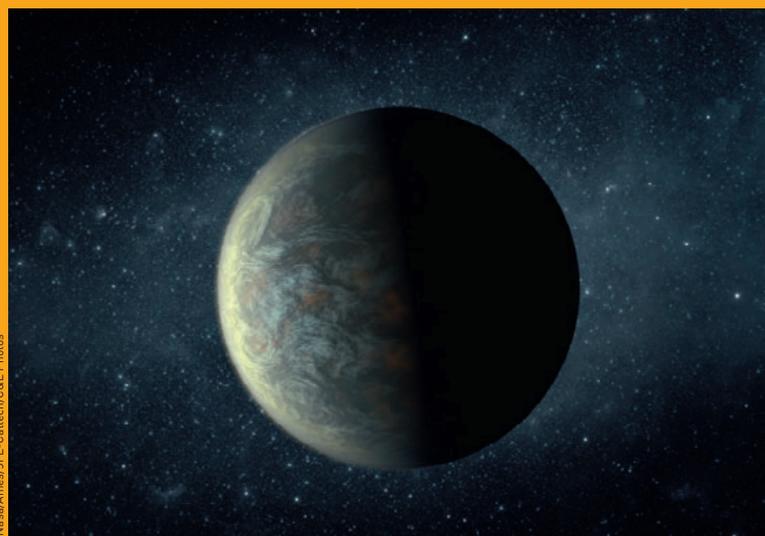
**GLIESE 581d** est nichée au sein d'un système d'au moins quatre planètes autour d'une étoile de la Balance, à 20 années-lumière de la Terre. Découverte en 2007, elle a été reconnue comme potentiellement habitable en 2011. Même si elle reçoit 35 % moins d'énergie que Mars, il est en effet possible qu'elle bénéficie d'un

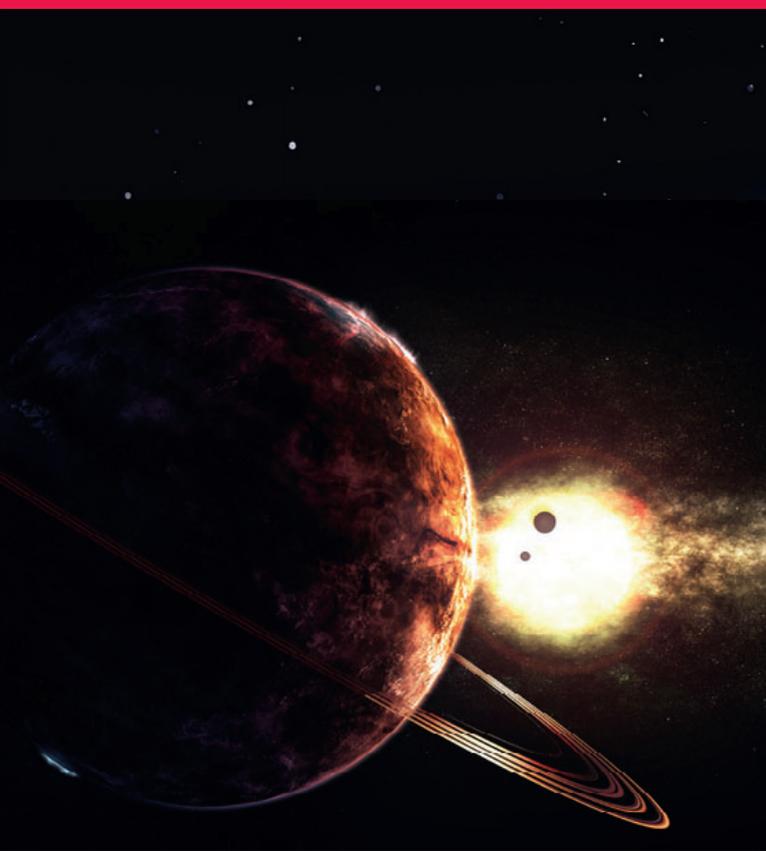
fort effet de serre, pour peu que son atmosphère soit suffisamment riche en gaz carbonique. D'ailleurs, si on plaçait la Terre sur l'orbite de Gliese 581d, à 33 millions de kilomètres de sa naine rouge, elle resterait habitable ! Avant que Gliese 667Cc ne la détrône, cette planète était la préférée des exobiologistes.

Nasa/Ames/JPL-Caltech/C&E Photos

Kepler 20f

Une Terre en enfer





**AVEC UNE MASSE** assez prometteuse — un peu plus du double de celle de la Terre —, Kepler 11f était *a priori* bien placée pour être considérée comme une sœur de la planète bleue. Mais son rayon a été mesuré précisément et... surprise : Kepler 11f est une planète enflée ! Son rayon la

place dans la gamme des planètes gazeuses, composées en partie d'hydrogène et d'hélium, avec une densité inférieure à celle de l'eau.

Kepler 11f a été découverte en février 2011 à 2 000 années-lumière, avec cinq autres planètes plus serrées autour de leur étoile que Mercure.

---

**Masse :** 2,3 masses terrestres

**Rayon :** 2,6 rayons terrestres

**Son étoile :** similaire au Soleil

**Distance à l'étoile :** 0,25 UA

**Période de révolution :** 47 jours

**En zone habitable :** non

**ESI :** 0,36

---

**LA VRAIE** jumelle de la Terre, c'est elle ! Sur le papier en tout cas, ses mensurations font rêver. Sa taille est celle de notre planète, à 3 % près. Sa masse en revanche n'est pas connue, mais des estimations tenant compte de toute une gamme de compositions possibles indiquent qu'elle se situe entre 66 % et 3 fois la masse de la Terre. Le gros défaut de Kepler 10f est d'être environ 10 fois plus près de son soleil que la Terre. Du coup, sa température d'au moins 400 °C la rend à coup sûr inhabitable. Elle a été trouvée à 950 années-lumière.

---

**Masse :** ?

**Rayon :** 1 rayon terrestre

**Son étoile :** similaire au Soleil

**Distance à l'étoile :** 0,14 UA

**Période de révolution :** 20 jours

**En zone habitable :** non

**ESI :** 0,44

---

## Kepler 10b

# La planète des laves

**EN JANVIER 2011**, Kepler 10b est devenue la plus petite planète autour d'un Soleil dont la masse et le rayon ont pu être précisément mesurés. À peine 40 % plus grande que la Terre, elle aurait pu faire une honorable "Miss Terre" si elle n'était pas presque cinq fois plus massive. Elle est aussi dense que le bronze ! Et surtout, Kepler 10b est vingt fois plus proche de son étoile que Mercure du Soleil. Autrement dit, avec une température de 2 500 °C, sa surface est un océan de lave en fusion. Un enfer...

---

**Masse :** 4,6 masses terrestres

**Rayon :** 1,4 rayon terrestre

**Son étoile :** similaire au Soleil

**Distance à l'étoile :** 0,02 UA

**Période de révolution :** 19 h

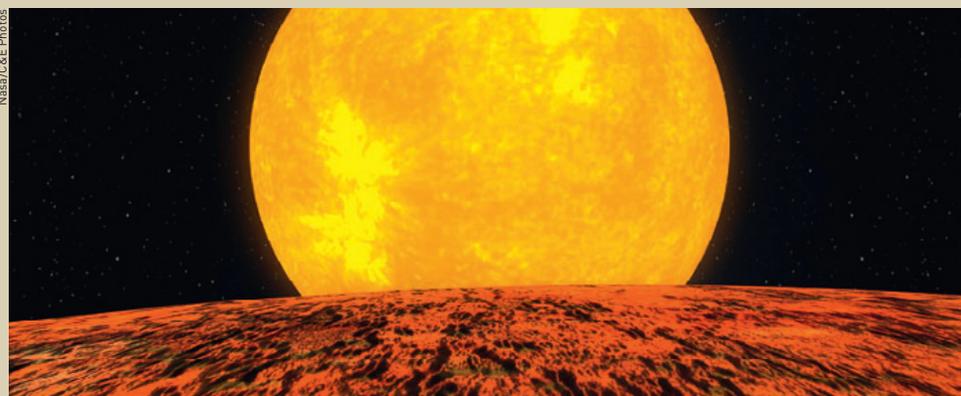
**En zone habitable :** non

**ESI :** 0,15

---

7

Nasa/ESA Photos



Vincent Coudé du Foresto, de l'observatoire de Paris



## "Nous ne cherchons plus un clone de notre planète"

**La recherche** d'une planète identique à la Terre ? Ce n'est plus le Graal des astronomes, nous explique Vincent Coudé du Foresto. Désormais, devant l'extraordinaire diversité des mondes possibles, la découverte d'une planète de la taille d'une Terre peut presque paraître "anecdotique".

**A**STRONOME à l'observatoire de Paris, Vincent Coudé du Foresto est un spécialiste de l'interférométrie infrarouge, notamment appliquée à la physique stellaire. Il a participé à la conception de plusieurs instruments d'interférométrie, en particulier pour le Very Large Telescope de l'ESO <sup>(1)</sup>, installé au Chili. Après l'abandon de Darwin par l'ESA <sup>(2)</sup> en 2007 — une ambitieuse mission spatiale de recherche de signatures de vie —, il s'est fortement impliqué dans la définition d'une nouvelle stratégie pour la recherche sur les exoplanètes. Selon lui, leur diversité invite à se détacher de l'obsession de la "nouvelle Terre".

**Ciel & Espace : Quel est le résultat marquant de ces derniers mois sur le front des planètes extrasolaires ?**

**Vincent Coudé du Foresto :** C'est la quantité impressionnante de planètes potentielles repérées par le satellite américain Kepler. Et surtout la conclusion qui s'en dégage, à savoir que les petites planètes sont les plus nombreuses. On commence aussi à avoir des statistiques fines sur les différents types de planètes. Ce qui permet de faire le tri parmi les scénarios de formation des systèmes extrasolaires.

**C&E :** Cependant, il n'y a pas beaucoup de planètes confirmées parmi les 2326 candidates de Kepler...

**V. C. :** C'est vrai. Pour confirmer le statut d'une candidate identifiée par Kepler, il faut vérifier que l'infime diminution d'éclat que le satellite a vu sur une étoile est bien due au passage d'une planète. Ce qui est difficile et donne du travail à pas mal de monde ! C'est pourquoi pour l'instant le nombre de candidates confirmées (une grosse vingtaine) reste comparable au nombre de planètes découvertes par le satellite français Corot, le pionnier de la recherche par transit depuis l'espace.

Cela dit, même si 10 % de ces candidates ne sont pas des planètes, la conclusion reste la même : il y a beaucoup de petites planètes autour des étoiles. En ce sens, la découverte d'une planète de la taille de la Terre autour de l'étoile Kepler 20 est exemplaire : elle confirme l'excellente sensibilité de Kepler.

**C&E :** Mais pas seulement ! C'est aussi un grand pas vers la découverte d'une planète identique à la Terre dans la zone habitable d'un autre Soleil. Une "Terre bis" n'est-elle pas le Graal des astronomes ?

**V. C. :** Plus maintenant. Face à la diversité des planètes que nous observons — et nous en

sommes à plus de 700 ! —, se limiter uniquement à la recherche d'une Terre serait faire preuve de frilosité. D'un côté, notre planète n'est pas forcément la planète habitable type. Par exemple, on ne doit pas s'interdire de penser que la vie est possible autour d'une planète deux fois plus massive que la Terre en orbite autour d'une étoile naine rouge. D'un autre côté, une planète aux mêmes dimensions que la nôtre et située à la bonne distance de son étoile peut être parfaitement inhospitalière. Voyez Vénus.

**C&E :** Mais alors, qu'est-ce qu'une planète habitable ?

**V. C. :** Pendant longtemps, ça a été une planète située dans la zone tempérée autour de son étoile, la "zone habitable". Mais plus on y regarde de près, plus cette notion d'habitabilité se révèle complexe. Il ne s'agit pas seulement d'être au bon endroit autour de son étoile... Des phénomènes subtils, par exemple la tectonique des plaques, pourraient être importants. Or, comment vérifier que la tectonique fonctionne sur une exoplanète ? En fait, avec les informations dont nous disposons, tout ce que nous pouvons dire est : "Les propriétés de cette planète n'interdisent pas qu'elle puisse être habitable." En définitive, la seule façon d'affirmer

qu'une planète est vraiment habitable est de découvrir qu'elle est habitée !

**C&E : Il y a deux ans, les spécialistes des exoplanètes se sont réunis à Barcelone pour établir leur stratégie à long terme. Où en sommes-nous ?**

**V. C. :** Le discours vis-à-vis des agences spatiales a d'abord été le suivant : il faut rechercher des signatures de vie dans l'atmosphère d'une exoplanète la plus ressemblante possible à la Terre, tournant en 1 UA (voir lexique p. 37) autour d'une jumelle du Soleil. Cette stratégie, antérieure à la découverte de la première exoplanète, a maintenant évolué vers une approche plus pragmatique, en trois étapes. Dans un premier temps, il faut dénombrer les planètes selon leur type, identifier ensuite celles suffisamment proches pour que leur atmosphère puisse être étudiée, et enfin les analyser et y chercher d'éventuelles traces de vie. Pour certains types de planètes, par exemple celles qui tournent autour d'une naine rouge proche, ces trois étapes peuvent s'enchaîner assez vite. Pour des sosies de la Terre autour d'un autre Soleil, ça sera plus long.

ESO/C&E Photos



Les astronomes en sont persuadés : notre galaxie compte des milliards de petites planètes. Dans la recherche d'une vie ailleurs, il serait dommage de se limiter aux seuls clones de la Terre.

**C&E : C'est pourtant bien ce type de planètes que Kepler s'apprête à découvrir ! Ce ne seront pas des cibles évidentes pour la recherche de vie ?**

**V. C. :** Kepler contribue à l'étape numéro 1, le recensement. Malheureusement, les planètes qu'il découvre ne répondent pas aux objectifs de l'étape numéro 2, car elles sont lointaines. On ne pourra donc pas sonder leur atmosphère. C'est lié à la façon dont est conçu le satellite : pour mesurer très précisément la variation d'éclat d'une étoile — elle n'est que de 0,01 % lorsqu'une planète de la dimension de la Terre passe devant un Soleil —, il a besoin de comparer beaucoup d'étoiles dans un même champ. Et comme il ne couvre qu'une petite portion du ciel, entre le Cygne et la Lyre, il doit regarder loin.

**C&E : Pourquoi ne pas imaginer un satellite qui couvre une plus grosse portion du ciel ?**

**V. C. :** C'était la stratégie de la mission Plato, un "super-Kepler" qui n'a pas été retenu par l'ESA pour un lancement en 2018. Contrairement à Kepler, Plato pouvait explorer jusqu'à 50 % du ciel, et donc étudier des

étoiles plus proches. Mais dans cette veine, mieux vaut pousser la logique à l'extrême, et observer simultanément tout le ciel ! C'est ce que fera la mission américaine TESS, si la Nasa la sélectionne début 2013.

**C&E : De son côté, l'ESA a-t-elle encore un projet de mission dédiée aux exoplanètes ?**

**V. C. :** Oui, la mission Echo, en course pour un lancement vers 2022. Elle est en phase d'étude et nous saurons fin 2013 si elle participera à la sélection finale, en 2015. Ce télescope spatial de 1,2 m de diamètre analysera la lumière d'une centaine d'exoplanètes, aussi différentes que possible. L'objectif est de constituer un portfolio de spectres planétaires, du domaine visible jusqu'à l'infrarouge, qui nous fournira une culture générale de base en "planétologie extrasolaire".

**C&E : À quoi vous servira-t-elle ?**

**V. C. :** Un spectre est ce qui permet de déterminer la composition chimique d'une atmosphère ou d'un sol, mais il faut savoir le lire ! Si nous ne nous frottons pas d'abord à la diver-

sité des spectres possibles — et, pour cela, le cadre des planètes du Système solaire est trop étroit —, nous ne saurons pas reconnaître d'éventuelles signatures de vie ailleurs.

**C&E : Pensez-vous que les premiers indices puissent provenir d'une super-Terre, plutôt que d'une Terre ?**

**V. C. :** Au départ, le terme "super-Terre" a été inventé pour qualifier des planètes rocheuses comme la Terre, mais de masse inférieure à celle d'une géante gazeuse (une catégorie inconnue dans le Système solaire). Même s'il est accrocheur, il ne présage en rien de leur habitabilité ! En fait, il existe des super-Terre rocheuses, mais aussi gazeuses, certaines trop chaudes et d'autres trop froides, mais aussi peut-être des planètes océans... Ceci dit, l'appellation "super-Terre" a sans doute joué un rôle pour nous affranchir d'un carcan mental — l'idée que seules les planètes de 1 masse terrestre étaient dignes d'intérêt.

Propos recueillis par David Fossé

(1) ESO : Observatoire européen austral.

(2) ESA : Agence spatiale européenne.

**"Plus nous y regardons de près, plus la notion d'habitabilité se révèle complexe"**



La capsule Dragon (illustration ci-dessus) a déjà volé deux fois. Space X prévoit que ses moteurs lui permettent de revenir sur Terre sans parachutes (en haut). Mais le plus étonnant est la récupération du premier étage de la fusée qui lancera Dragon en la faisant revenir, elle aussi, au moyen de rétrofusées (ci-contre).

Illustrations Space X

