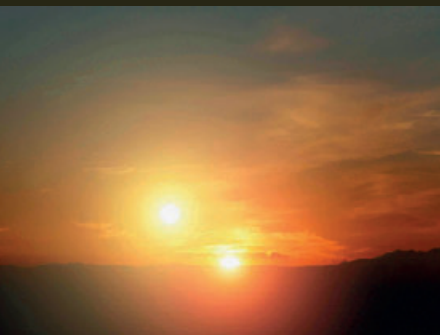




Nasa/JPL-Caltech

RECHERCHE DE PLANÈTES

Les astronomes affinent leur

PLUS de 200 astronomes étaient réunis à Barcelone, en septembre 2009, afin de décider des pistes à suivre pour trouver et étudier les exoplanètes susceptibles d'abriter une forme de vie. À l'origine de ce rassemblement, un véritable coup de massue, asséné en 2007, quand l'Agence spatiale européenne (ESA) a renoncé au projet Darwin. Cette escadrille de satellites futuristes, conçue pour découvrir la vie sur une autre planète, était depuis 1993 le fer de lance de la discipline. L'ESA faisait preuve de pragmatisme : les techniques nécessaires à la conception de Darwin n'étaient pas au point, et l'investissement s'annonçait colossal.

En même temps, cette décision n'allait-elle pas briser l'élan acquis dans l'étude des planètes extrasolaires ? Deux ans et demi plus tard, il est évident qu'il n'en est rien. La relégation de Darwin a même agi comme un coup de fouet qui a libéré l'imagination. Désormais, les exobiologistes ne limitent plus leurs recherches aux sœurs du Soleil, mais les étendent à des étoiles naines et froides, jusque-là considérées comme hostiles. La découverte des super-Terre, ces planètes 2 à 10 fois plus massives que la nôtre,

les a aussi forcés à envisager une vie ailleurs que sur un monde en tout point identique à la Terre. Surtout, convaincus que la recherche de la vie extraterrestre sera la grande aventure du **xxi^e** siècle, ils ont décidé de s'organiser au niveau mondial pour atteindre ce Graal. Ainsi, après les années Darwin, qui virent une interrogation métaphysique, "Sommes-nous seuls dans l'Univers ?", se muer en questionnement scientifique, il est clair qu'une nouvelle ère s'ouvre, encore plus passionnante. ●

En septembre 2009, tous les exobiologistes et chasseurs de planètes extrasolaires se sont réunis à Barcelone pour donner un nouvel élan à leur recherche d'un monde habitable.

O. Hadaewala/C&E Photos



D. Fosse/C&E Photos



HABITABLES

stratégie

Dossier réalisé
par David Fossé



Interview de
Vincent Coudé du Foresto

**"Nous devons
nous préparer
à l'inattendu"**

page 40



**La piste
prometteuse des
naines rouges**

page 44



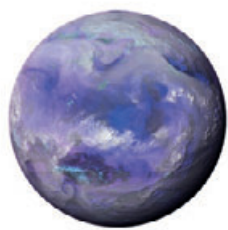
**Images
d'exoplanètes :
une révolution
française !**

page 48

+  À écouter sur
www.cieletespaceradio.fr

*Planètes habitables : l'eau en question ;
une série de podcasts à explorer sur le
site Ciel & Espace Radio.*

Vincent Coudé du Foresto, coorganisateur du colloque de Barcelone



"Nous devons nous préparer à l'inattendu"

Réunis à Barcelone, fin 2009, les chasseurs de vie extraterrestre ont redéfini leur stratégie : organiser leur recherche par étapes afin de s'adapter à toute nouvelle piste au fil des découvertes. Vincent Coudé du Foresto, l'un des animateurs de cette réflexion, explique les atouts d'une approche plus souple.

COMMENT continuer à faire progresser la recherche de la vie ailleurs ? Depuis que l'ESA a refusé fin 2007 l'interféromètre spatial Darwin pour son programme scientifique Cosmic Vision, Vincent Coudé du Foresto⁽¹⁾ a pris la question à bras le corps. Coordinateur de l'initiative Blue Dots, constituée en 2008 par l'ensemble des chercheurs qui voulaient tirer les leçons de cet échec, ce spécialiste de l'instrumentation astronomique a été l'un des organisateurs du colloque "Pathways towards habitable planets", fin 2009 à Barcelone,

où les astronomes du monde entier ont réfléchi à l'après-Darwin.

Ciel & Espace : Comment avez-vous vécu le rejet de Darwin par l'Agence spatiale européenne ?

Vincent Coudé du Foresto : À l'époque, une réunion était prévue après l'annonce de la sélection... Elle a quand même été maintenue, mais l'ambiance n'était bien sûr pas la même. C'est là que nous nous sommes convaincus qu'une approche plus pragmatique était nécessaire. L'objectif de Darwin n'était pas remis en cause, mais son concept





P. Carril/C&E Photos

L'observatoire Darwin a été proposé à l'ESA dès 1993 pour découvrir, analyser, puis photographier de nouvelles Terres autour des mille étoiles les plus proches. Ambitieux techniquement, il combinait la lumière de plusieurs télescopes volant en formation à 1,5 million de kilomètres de la Terre.

a été défini en 1993, alors qu'aucune planète n'avait encore été découverte autour d'une étoile ! À l'époque, faute de meilleures informations, l'extrapolation du cas de la Terre et du Système solaire aux autres mondes était une nécessité raisonnable.

C&E : Qu'y a-t-il de neuf aujourd'hui ?

V. C. du F. : À présent, nous connaissons plus de 400 planètes extrasolaires et nous savons que, pour découvrir une planète habitable (voir lexique ci-contre), nous ne sommes pas forcés de chercher des Terres. Bien sûr, les gens auront toujours un intérêt pour une jumelle parfaite de notre planète, mais c'est un cas parmi d'autres.

Les découvertes qui se succèdent montrent qu'il existe une grande diversité dans les systèmes planétaires. Qui aurait imaginé, il y a seulement dix ans, des planètes-océans ? Et les planètes que l'on trouve autour des naines rouges : faut-il les éliminer comme cibles potentielles, comme on l'aurait fait il y a quelques années, ou au contraire orienter tous nos efforts vers leur caractérisation ? En fait, il est sage de s'attendre à de l'inattendu ! C'est d'ailleurs l'une des difficultés à laquelle

nous devons faire face. Comment définir une stratégie à long terme, comme c'est le cas lorsqu'il s'agit de concevoir une mission spatiale, quand de nouvelles questions scientifiques se posent tous les deux ans ?

C&E : À Barcelone, vous avez répondu à cette question. De quelle manière ?

V. C. du F. : Nous nous sommes mis d'accord sur le fait que la recherche de la vie sur une exoplanète passait par trois étapes successives : l'étude statistique afin de déterminer l'abondance de chaque type de planète ; l'identification des planètes habitables suffisamment proches pour être étudiées par spectroscopie ; enfin, la caractérisation de ces planètes par l'étude de leur lumière. Chaque étape repose sur la précédente et nécessite des moyens différents : méthodes des transits ou des vitesses radiales, astrométrie...

C&E : Cette démarche prudente ne repousse-t-elle pas votre objectif final de plusieurs dizaines d'années ?

V. C. du F. : Non, car les choses vont très vite ! Voyez par exemple les "Jupiter chaudes", ces planètes géantes gazeuses ●●●

LEXIQUE

Astrométrie : mesure de la position des astres sur le ciel.

Effets de marées : jeu des forces gravitationnelles qui entraîne la circularisation de l'orbite d'un corps et la synchronisation de sa période de rotation sur sa période de révolution. Pendant ce processus, si l'orbite est elliptique, le corps peut-être déformé et échauffé.

Lumière exozodiacale : C'est l'équivalent pour les systèmes extrasolaires de la lumière zodiacale, ce faible éclat provoqué par la diffusion du rayonnement solaire sur les grains de poussière interplanétaires.

Méthode des vitesses radiales : permet la détection d'une planète et la détermination de sa masse, grâce au petit mouvement circulaire qu'elle imprime à son étoile.

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

Naine rouge : petite étoile de 10 à 80 % de la masse du Soleil, plus froides que notre étoile et 10 à 1000 fois moins brillantes.

Planète habitable : planète circulant dans la zone habitable de son étoile, et donc susceptible (peut-être) d'abriter la vie telle que nous la connaissons.

Spectroscopie : étude de la lumière d'un astre grâce à sa décomposition selon ses différentes longueurs d'onde (spectre).

Super-Terre : planète dont la masse est entre 2 et 10 fois celle de la Terre. Cette catégorie regroupe des astres variés, allant des planètes-océans aux mini-planètes gazeuses.

Unité astronomique (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.

SIM Lite, pour voir les infimes mouvements stellaires

➤ C'est l'un des messages qu'ont voulu transmettre les astronomes réunis à Barcelone : l'astrométrie est la méthode la plus systématique pour recenser toutes les planètes habitables proches, préalable évident à leur étude. Du coup, SIM Lite se trouve propulsé sur le devant de la scène. Imaginé en 1996 et sans cesse raffiné depuis, cet interféromètre spatial décèlera tout déplacement sur le ciel

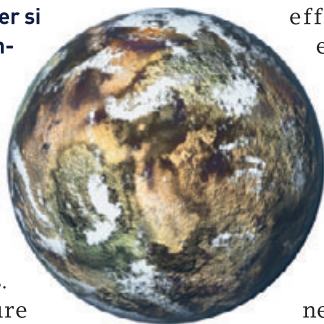
à 0,2 microseconde d'arc près (la taille d'une fourmi sur la Lune). En mesurant le faible mouvement qu'une planète induit sur son étoile, cette précision extraordinaire lui permettra de repérer une Terre jumelle dans la zone habitable de son soleil, quelle que soit l'inclinaison de son orbite. Si la Nasa, bien sûr, le choisit lors de sa prochaine sélection courant 2011...

... qui tournent très près de leur étoile. Il y a quinze ans, on en connaissait une seule. Aujourd'hui, non seulement nous les comptons par centaines, mais en plus, grâce aux télescopes spatiaux Hubble et Spitzer, qui n'ont pourtant pas été conçus pour ça, nous avons réussi à analyser l'atmosphère de certaines d'entre elles. Pour ces planètes, nous en sommes donc déjà à la troisième étape !

Pour les planètes telluriques comme la Terre, c'est vrai, nous en sommes encore à l'âge de la statistique. Mais comme le montre la découverte d'une planète de 6,6 masses terrestres autour d'une naine rouge, par la méthode des transits et depuis le sol [voir C&E n°477, p. 16, NDLR], nous pourrions progresser rapidement dans certaines niches. C'est aussi ce qui a émergé à Barcelone : à côté d'une recherche systématique et exhaustive des planètes habitables, il y a de la place pour des recherches plus ciblées. Par exemple, les planètes autour des naines rouges sont beaucoup plus faciles à trouver et à étudier.

C&E : Certains astronomes y voient même de bonnes cibles pour tester leurs modèles d'atmosphère. Mais le spectre d'une planète ne suffit-il pas à déterminer si elle est habitable ? Quel est l'intérêt d'un modèle théorique ?

V. C. du F. : Les spectres, il faut pouvoir les interpréter ! Souvenez-vous de ce qui est arrivé aux expériences des sondes Viking, censées répondre enfin à la question de la vie sur Mars. Elles n'ont rien pu conclure à l'époque, car on en savait vraiment trop peu sur la chimie de la planète. Eh bien, je suis persuadé que si une mis-



sion comme Darwin volait aujourd'hui et nous envoyait ses données sur une planète située dans la zone habitable de son étoile, nous serions dans la même situation. Nous ne saurions pas décider si elle est effectivement habitable, et encore moins si elle héberge la vie...

Franchement, il faudrait un coup de chance énorme pour que son spectre soit exactement celui de la seule planète habitée que l'on connaisse, la nôtre. Alors puisque nous serons certainement confrontés à l'inconnu, nous aurons besoin de modèles fiables, qui se seront frottés à la diversité des mondes possibles.

Pour réitérer leur désir de faire progresser la recherche d'une planète habitable, les astronomes ont adopté à Barcelone une résolution volontariste à laquelle Vincent Coudé du Foresto a largement contribué... jusque pendant les pauses déjeuners !

C&E : Dans ce contexte, quelle est la place de l'imagerie ?

V. C. du F. : L'imagerie est incontournable si nous voulons avoir la possibilité d'étudier des planètes autres que celles qui transitent devant leur étoile, ou simplement modulent son éclat [voir schéma p. 46], les plus rares en fait. Tôt ou tard, nous obtiendrons l'image et le spectre d'une petite planète dans la zone habitable d'un autre Soleil. Mais c'est très difficile et pour le moment il faut perfectionner les techniques de l'imagerie à haute résolution (coronographie et interférométrie). D'ici un an ou deux, la prochaine génération de coronographes sur les grands télescopes permettra de détecter des géantes gazeuses chaudes au-delà de la distance Terre-Soleil. Avec celle qui sera installée sur les télescopes de type ELT (d'environ 40 m de diamètre), nous verrons des objets plus petits et plus froids. L'interférométrie au sol, elle, doit nous permettre à moyen terme de mesurer l'intensité lumineuse des disques de poussière entourant les étoiles. Il faut s'assurer que ceux-ci ne brillent pas trop au point de noyer l'éclat des petites planètes ! Pour aller plus loin, quelle que soit la technique, il faudra aller dans l'espace. ●

(1) Astronome au laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique, de l'observatoire de Paris-Meudon.

Les futures Terre sur un Plato ?

➤ Bonne nouvelle pour les chasseurs d'exoplanètes. Le 19 janvier, le comité consultatif sur les sciences spatiales de l'ESA a retenu deux missions parmi les trois finalistes de son programme Cosmic Vision, pour un lancement en 2017-2018 (voir "L'actu", pp. 20-27). Plato, le successeur des satellites Corot et Kepler, cherchera des planètes dans l'environnement de plusieurs centaines de milliers d'étoiles par la méthode des transits. La mission de cosmologie Euclid,

censée cartographier l'Univers, contribuera aussi à la recherche des exoplanètes en les recensant grâce à l'effet de microlentille (l'augmentation d'éclat d'une étoile due au passage devant elle d'une autre étoile, trop faible pour être vue, et de sa planète). Si les financements suivent, une troisième mission en collaboration avec le Japon pourrait s'ajouter à ce duo : le télescope infrarouge Spica, qui aura la capacité d'analyser l'atmosphère des planètes par transit.

La piste prometteuse des naines rouges

Longtemps écartées de la recherche de planètes habitables, les naines rouges sont en train de devenir des cibles prioritaires pour de nombreux astronomes. Ces petites étoiles cumulent bien des atouts, tant scientifiques que pratiques. Est-ce autour d'elles que nous trouverons les premiers indices d'une vie extraterrestre ?

LE premier coup de sonde dans l'atmosphère d'une super-Terre est imminent. Les astronomes s'y préparent depuis la découverte, à l'automne 2009, d'une planète de seulement 6,6 masses terrestres devant l'étoile naine rouge Gliese 1214, éloignée d'à peine 40 années-lumière (voir *C&E* n° 477, p. 16). Il y a quelques semaines, à l'université de Californie à Santa Cruz, Eliza Miller-Ricci et Jonathan Fortney ont calculé que la détection de l'enveloppe gazeuse de la planète était possible "avec les télescopes spatiaux actuels". Le Canadien Dave Charbonneau, découvreur de la super-Terre avec son équipe, a déjà demandé du temps d'observation sur Hubble et Spitzer. Qui aurait cru, il y a seulement dix ans, que l'étude des planètes

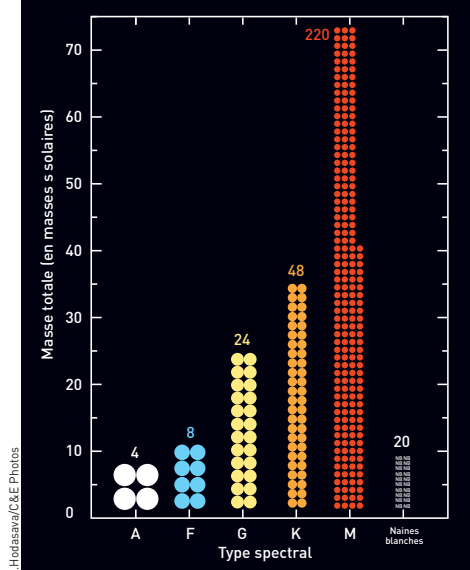
extrasolaires progresserait si vite ? Qui aurait cru, surtout, que les naines rouges y tiendraient une telle place ?

Ces étoiles ont déjà créé l'événement dans le passé. En 2007, la première planète potentiellement habitable (lexique p. 41) est mise au jour autour d'une naine rouge, Gliese 581. L'an dernier, la plus petite exoplanète — 2 masses terrestres ⁽¹⁾ — a été découverte autour de la même étoile. Gliese 1214b ⁽²⁾ étant pour sa part la première exoplanète de moins de 10 masses terrestres dotée d'une atmosphère, les astronomes se retrouvent dans la situation des navigateurs du xv^e siècle, lancés à la recherche d'une nouvelle route des Indes. Partis avec une idée assez précise de ce qu'ils cherchaient — une jumelle de la

Terre autour d'un autre Soleil —, ils réalisent qu'ils ont peut-être trouvé bien mieux : tout un continent à explorer !

"Les planètes habitables, il faut les chercher autour des naines rouges", assure Xavier Delfosse. Avec ses collègues du laboratoire d'astrophysique de Grenoble, voici douze ans qu'il fouille l'environnement de ces étoiles discrètes, 10 à 1000 fois moins brillantes que le Soleil, mais qui représentent 70 % des astres proches (voir graphique ci-dessus). Pourtant, il y a encore quelques années, la plupart des astrophysiciens n'auraient pas parié un centime sur la possibilité d'une vie autour des naines rouges. Bombardant leur voisinage de rayons X pendant leur premier milliard d'années d'existence, trop froides pour garantir la présence d'eau liquide sur

LES NAINES ROUGES DOMINENT LE VOISINAGE DU SOLEIL

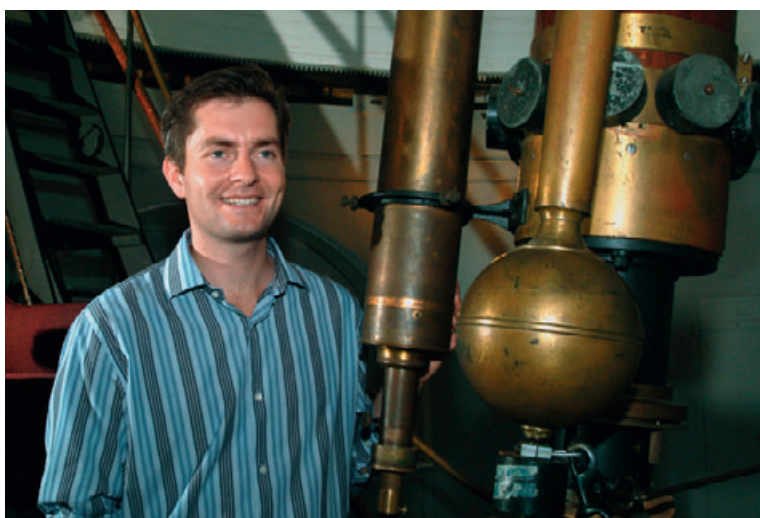


Les deux tiers des étoiles qui nous entourent sont des naines rouges. On en dénombre 220 dans un rayon de 33 années-lumière autour du Soleil (une étoile de type spectral G). Ces petites étoiles de type M comptent probablement pour l'essentiel de la masse stellaire de la Voie lactée.

une planète située à plus de 0,1 UA, ces étoiles dites "de type M" étaient même exclues du programme Seti⁽⁹⁾.

Puis, au milieu des années 1990, les astronomes ont réalisé que ces handicaps n'en étaient pas vraiment. Passés les caprices du premier milliard d'années, "les naines rouges conservent une zone habitable pendant beaucoup plus longtemps que les autres étoiles", souligne Xavier Delfosse. Par ailleurs, tourner très près de son étoile pour avoir de l'eau liquide, et du coup lui présenter toujours la même face (voir encadré p. 46), n'est pas forcément incompatible avec la vie. "Aujourd'hui, nous savons qu'une atmosphère, même peu dense, suffit à homogénéiser la température entre le côté jour et le côté nuit

Dave Charbonneau est le découvreur du premier transit d'exoplanète en 1999. Il cherche désormais des super-Terre autour des 2000 naines rouges les plus proches du Soleil.

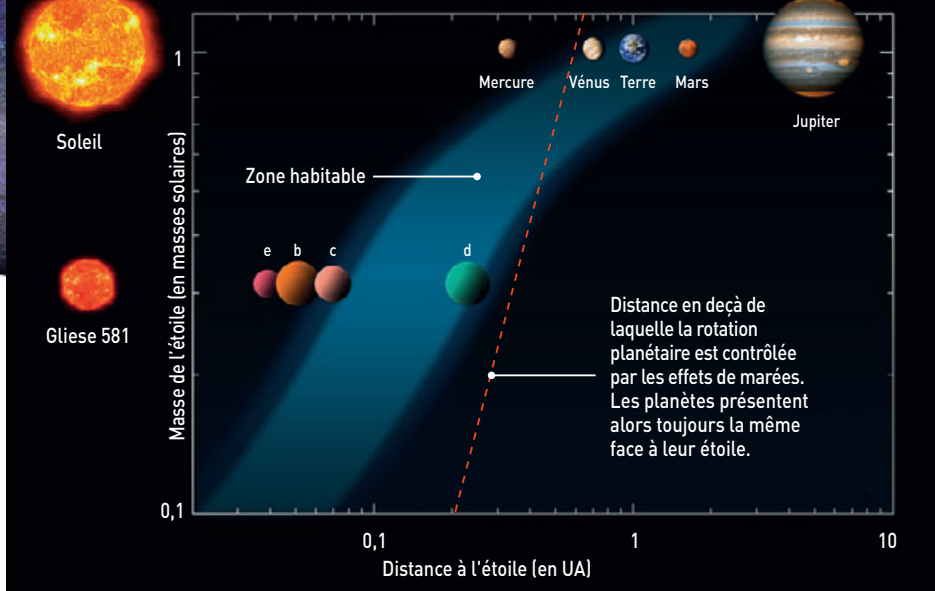


Courtesy D. Charbonneau
Courtesy X. Delfosse



À Grenoble, Xavier Delfosse se consacre à l'étude de l'environnement des naines rouges. Selon lui, elles sont les meilleures cibles pour la recherche de planètes habitables.

LA ZONE HABITABLE D'UNE ÉTOILE VARIE AVEC SA TEMPÉRATURE



d'une planète", explique Franck Selsis, spécialiste des atmosphères exoplanétaires à l'observatoire de Bordeaux.

Les naines rouges présentent même plusieurs avantages spécifiques. Fait important, leur zone habitable est très proche de ces astres froids. Les éventuelles planètes qui s'y trouveraient ne courent donc pas le risque de se faire éjecter par les perturbations d'une étoile voisine. L'influence gravitationnelle de la naine rouge, toute proche, peut aussi stabiliser l'inclinaison des planètes (sur Terre, cette stabilité a sans doute joué un rôle important dans l'apparition de la vie, mais elle est due à la Lune) et favoriser la tectonique des plaques, si importante pour le recyclage et l'enrichissement chimique d'une atmosphère.

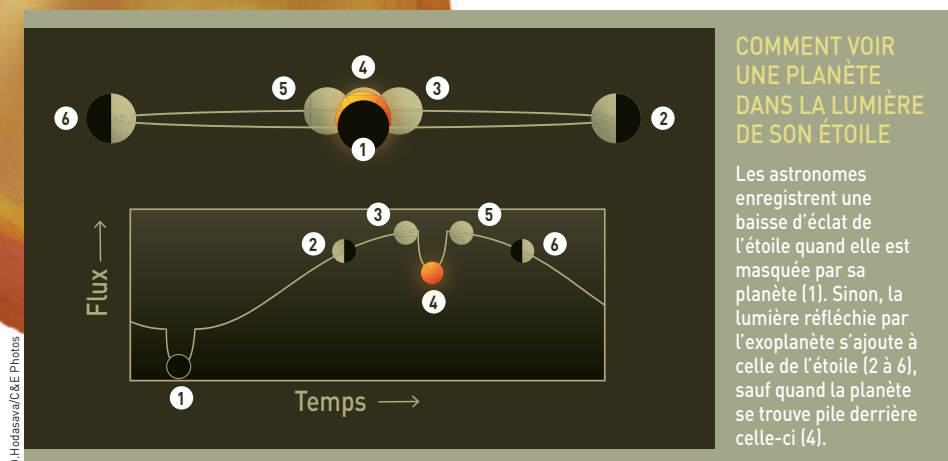
Un atout pour l'observateur

Ces petites étoiles ont aussi beaucoup d'atouts pour séduire les observateurs. "L'idée de chercher des mondes habitables autour d'elles a commencé à me trotter dans la tête en 2004",

La zone habitable, c'est-à-dire la région de l'espace autour d'une étoile où l'eau liquide peut exister sur une planète, dépend de la température de cette étoile. Pour une naine rouge comme Gliese 581, moins chaude que le Soleil, elle est bien plus resserrée que dans le Système solaire.

raconte Dave Charbonneau. Ce spécialiste de la détection des planètes par la méthode des transits réalise alors que les naines rouges ont tout pour lui plaire. À taille équivalente, une exoplanète provoque une variation d'éclat supérieure en passant devant une petite étoile plutôt que devant une grande. La probabilité de surprendre le transit d'une planète située dans la zone habitable, plus serrée sur l'étoile, est également plus grande. Et ces passages sont 10 fois plus fréquents que pour une Terre devant un Soleil.

Tous ces éléments mis ensemble facilitent la découverte ! En théorie ? Pas du tout : Dave Charbonneau a découvert Gliese 1214 b en s'appuyant sur ces propriétés. Avec les huit télescopes de 40 cm de son programme



... M-Earth, l'astronome surveille 2000 naines rouges depuis un an. "Si chacune d'elles possède une planète de 2 rayons terrestres dans sa zone habitable, alors nous en découvrirons 27. Si seulement 10 % en possèdent, nous en trouverons 2 ou 3", précise-t-il. Pas mal pour un observatoire qui n'aura coûté que 600 000 dollars !

Reste que pour caractériser une planète, la taille ne suffit pas. Il faut aussi mesurer sa masse. Et justement, "comme les naines rouges sont peu massives et leur zone habitable proche, les planètes qui s'y trouvent sont plus faciles à 'peser' par la méthode des vitesses radiales que celles autour d'un Soleil", note Xavier Delfosse. Les étoiles M rayonnant essentiellement dans l'infrarouge, le Grenoblois espère même une belle moisson dès 2014, avec la mise en service sur le télescope CFH, à Hawaï, du spectromètre Spirou, destiné à cette gamme de longueurs d'onde. En attendant, les astronomes préparent la

prochaine étape vers la découverte d'une vie extraterrestre : l'analyse de l'atmosphère d'une planète tellurique. Avec son collègue Drake Deming, de la Nasa, Dave Charbonneau estimait en 2007 que pour y parvenir rapidement, il valait mieux s'appuyer sur la méthode des transits (évidemment devant les naines rouges) que de chercher à faire des images, ce qui est très difficile. Les observations à venir de Gliese 1214 b semblent lui donner raison, même si en l'occurrence elles semblent concerner plutôt une planète-océan ou une "sous-Neptune" (4).

Les promesses des super-Terre

Pas étonnant alors que des projets comme Thesis aient actuellement le vent en poupe ! Doté d'un miroir de 1,4 m, ce télescope spatial proposé par l'Américain Mark Swain pourrait identifier des molécules dans l'atmosphère d'une super-Terre à partir de 2016. Ses atouts ? "Sa grande stabilité et son large spectre d'observation, du visible à l'infrarouge", répond Mark Swain. Avec son miroir de 6,5 m, le successeur de Hubble, le James Webb Space Telescope (JWST), pourra aussi détecter de la vapeur d'eau et du gaz carbonique sur une poignée de candidates, même si l'n'a pas été uniquement conçu pour cela.

Une chose est sûre : la recherche d'indices de vie ne doit pas se focaliser sur des jumelles de la Terre. Les super-Terre, plus faciles à détecter, "sont d'aussi bonnes candidates que les corps de 1 masse terrestre", expliquait le planétologue Dimitar Sasselov, lors du congrès de Barcelone. Aussi bonnes... ou meilleures ? "Leur masse leur permet de retenir plus longtemps la chaleur qu'une planète comme la Terre", argumente le chercheur de Harvard. Actives plus longtemps, "elles pourraient même conserver un environnement habitable après avoir été éjectées de leur orbite" ! Sans aller jusque-là, leur chaleur interne leur permet sans doute d'entretenir une intense activité tectonique, ainsi qu'un volcanisme capable de compenser l'érosion de leur atmosphère, due aux rayons X du premier milliard d'années.

Quoi qu'il en soit, "une planète habitable autour d'une naine rouge sera forcément très différente de la Terre", avertit Franck Selsis. Un tel monde sera essentiellement éclairé par du rayonnement infrarouge, d'ailleurs absorbé par son atmosphère si celle-ci est constituée en partie de vapeur d'eau et de gaz carbonique. À quoi ressemblera-t-il ? Présentera-t-il les signatures de la vie terrestre : oxygène, ozone et gaz carbonique en présence d'eau ? "Rien n'est moins sûr", répond le chercheur. La quantité de gaz à effet de serre nécessaire pour assurer le transfert de chaleur d'une face vers l'autre, même faible, pourrait être suffisante pour les masquer. Ces signatures sont-elles d'ailleurs fiables à ce point ? Pour Franck Selsis, le fait que les premières petites planètes dont nous allons pouvoir analyser l'atmosphère soient si étranges est une bonne nouvelle : "Cela va nous forcer à prendre du recul et nous ouvrir l'esprit sur les mondes possibles." ●

(1) Elle est toutefois 100 fois plus massive que la planète PSR 1257+12 b, en orbite autour d'un pulsar.

(2) Les exoplanètes sont désignées par le nom de leur étoile, suivi d'une lettre en minuscule.

(3) Programme de recherche d'une intelligence extraterrestre.

(4) Sa densité est trois fois trop faible pour qu'elle soit une vraie "grosse Terre".

Malaxées par la gravitation

Le jeu des forces gravitationnelles entre un gros corps et un petit peut avoir des conséquences étranges. Près de nous, il oblige la Lune à toujours présenter la même face à la Terre. Un peu loin, autour de Jupiter, il fait de lo un corps extrêmement volcanique. Comme son orbite est elliptique, le satellite subit ces forces différemment selon sa position et s'échauffe en se déformant. Compte tenu de son orbite, la première planète tellurique connue, Corot 7 b, ressent peut-être encore plus sévèrement ces effets. Une "super-lo", en quelque sorte.

Nasa/JPL-Caltech



Pour le théoricien Franck Selsis, les planètes habitables autour des naines rouges seront forcément très différentes de la Terre.

Courtesy F.Selsis

100 000 années-lumière

Disque avec
ses bras spiraux

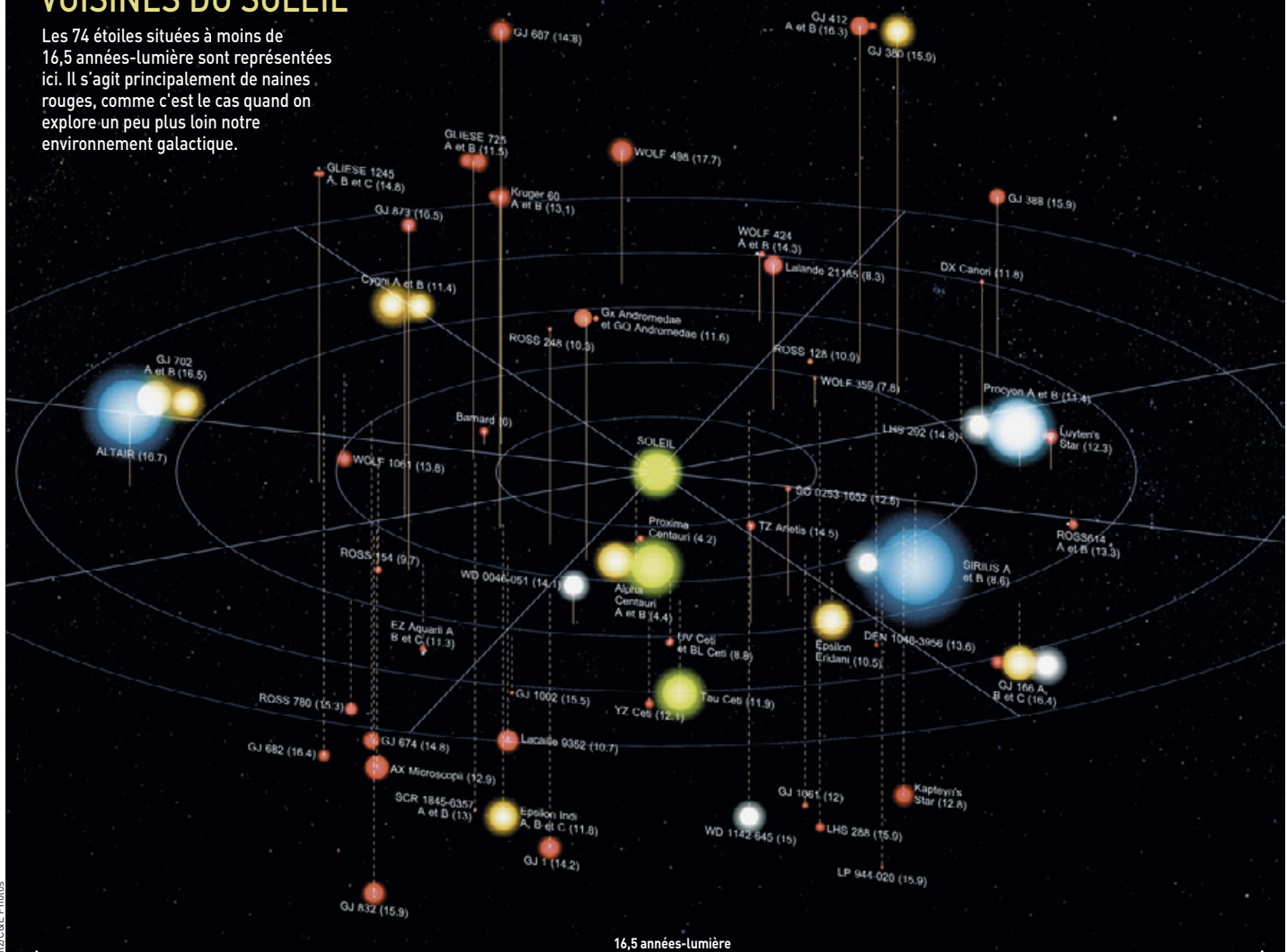
Bulbe

Barre

16,5 années-lumière
autour du Soleil

LES PLUS PROCHES VOISINS DU SOLEIL

Les 74 étoiles situées à moins de 16,5 années-lumière sont représentées ici. Il s'agit principalement de naines rouges, comme c'est le cas quand on explore un peu plus loin notre environnement galactique.



16,5 années-lumière

IMAGES D'EXOPLANÈTES : une révolution française !

Pour photographier

une autre Terre, dix milliards de fois moins brillante que son étoile, il faut inventer une nouvelle optique. Une révolution en marche, grâce notamment aux innovations techniques de trois chercheurs français.

L'OPTIQUE, en France, a toujours été une discipline d'excellence. On sait ce qu'elle doit à Augustin Fresnel et à Hippolyte Fizeau. À la fin du XIX^e siècle, les frères Henry fabriquaient les meilleures optiques astronomiques du monde. Un demi-siècle plus tard, les inventions d'Henri Chrétien et de Bernard Lyot, respectivement le Ritchey-Chrétien et le coronographe,

venaient encore raffermir cette réputation. Et ces trente dernières années, les idées d'Antoine Labeyrie (interférométrie des tavelures, étoile guide laser...) ont été reprises partout dans le monde. Aujourd'hui, dans cette lignée, des scientifiques formés dans l'Hexagone inventent les systèmes révolutionnaires pour photographier une nouvelle Terre autour d'un autre soleil. ●

Rémi Soummer OFFRIR UNE FLEUR AU SUCCESSEUR DE HUBBLE

"ATTENTION, je n'ai pas inventé ce parasol stellaire !" Quand il parle de son projet actuel — placer le James Webb Space Telescope (JWST), successeur de Hubble, dans

l'ombre d'une gigantesque fleur pour pouvoir analyser les futures Terres —, Rémi Soummer prend soin de citer Lyman Spitzer, auteur de ce projet en 1962. La version moderne du

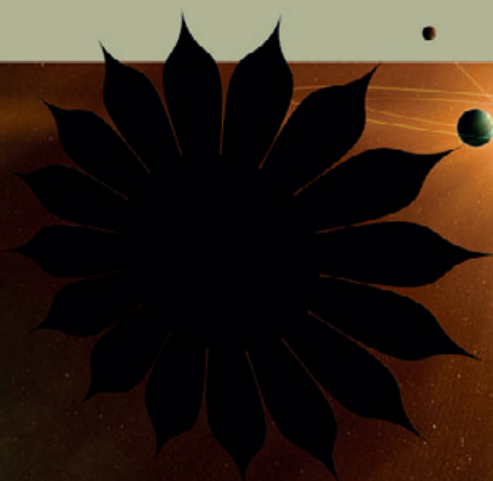
concept — une fleur à seize pétales — est due à l'Américain Webster Cash. Il n'empêche : c'est bien Rémi Soummer qui, il y a un an, a montré que l'adaptation d'un tel projet futuriste au très concret JWST était possible. Lancé en 2014, le télescope spatial de 6,5 m de diamètre pourrait donc être rejoint sur

son orbite par un occulteur... En attendant, le jeune astronome du Space Telescope Science Institute se consacre à l'imageur de planètes du télescope de 8,1 m Gemini. Capable de voir des planètes géantes à seulement 5 à 40 UA de leur étoile, "celui-ci entrera dans sa phase de test dans un an", indique le Français.



Courtesy R. Soummer

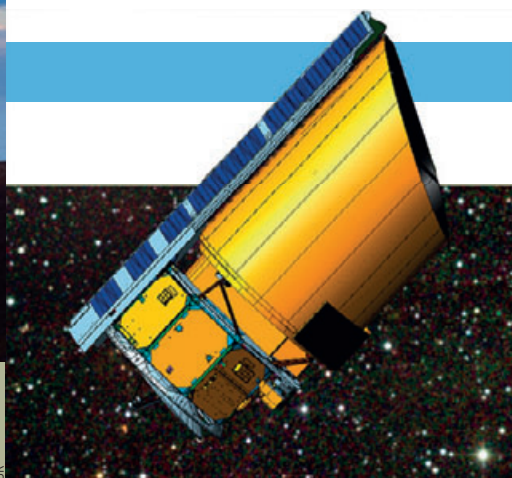
Concepteur du futur coronographe du télescope Gemini, Rémi Soummer travaille aussi sur l'adaptation d'un occulteur de 70 m de diamètre pour le télescope spatial James Webb. Placé à 70 000 km du JWST, il permettrait d'observer des Terres extrasolaires.



Nasa et D. Florentz/C&E Photos



Le dispositif inventé par Olivier Guyon permet de concentrer la lumière d'une étoile en un point, sans noyer celle de la planète à ses côtés. Il va être installé sur le télescope Subaru (ci-dessus), et peut-être dans l'espace en 2016.



Olivier Guyon

DANS LA ZONE HABITABLE D'AUTRES SOLEILS DÈS CETTE ANNÉE ?

DEUX miroirs usinés très spécifiquement pour concentrer la lumière d'une étoile en un point ⁽¹⁾, sans déborder sur celle, un dix-milliardième plus faible, d'une éventuelle planète en orbite : en 2003, Olivier Guyon, jeune astronome français de 27 ans

en poste à Hawaï, présente ce dispositif optique révolutionnaire. Baptisé Phase Induced Amplitude Apodisation (PIAA), il doit permettre de faire l'image d'une Terre en orbite autour d'un autre Soleil avec un télescope spatial de seulement 1,5 m. Ce pari audacieux,

Olivier Guyon est aujourd'hui en passe de le gagner. Son procédé, validé, est en cours de réalisation grâce au soutien de la Nasa, de l'université d'Arizona, de Lockheed Martin, des Japonais du télescope Subaru et de l'université de Princeton. Si son projet de satellite, PECO (Pupil mapping Exoplanet Coronagraphic Observer), est sélectionné par la Nasa, il pourra photographier et analyser des planètes aussi petites que la Terre dans la zone habitable des vingt étoiles dont la température est proche de

celle du Soleil (type F, G et K). Sinon, Olivier Guyon pourra toujours se féliciter d'avoir installé son dispositif sur l'un des plus grands télescopes du monde, le japonais Subaru, installé à Hawaï. "Ce télescope de 8,2 m de diamètre sera bientôt le seul capable de repérer, en observant dans l'infrarouge, de jeunes Jupiter jusque dans la zone habitable de leur étoile", se réjouit le chercheur. Premiers tests sur le ciel cette année !

(1) Plutôt qu'en la dispersant sur plusieurs anneaux de diffraction, ou "tache d'Airy", comme c'est le cas pour n'importe quel télescope.

Laurent Koechlin

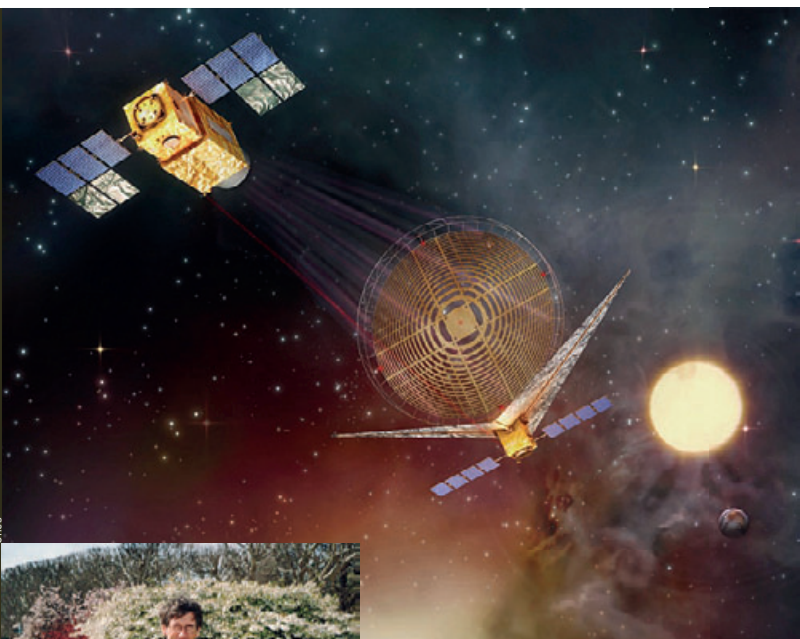
UTILISER LE VIDE POUR MIEUX VOIR

IMAGINEZ, dans le vide de l'espace, un disque opaque de 30 m de diamètre percé de centaines de milliers de petites ouvertures. À quelques dizaines de kilomètres de là, un télescope pointé vers lui recueille la lumière qu'il focalise en vertu des lois de la diffraction. Avantage du système : la focalisation de la précieuse lumière s'effectue sans lentille ni miroir pour l'altérer. D'ici vingt à trente ans, sous l'impulsion de Laurent Koechlin, de l'observatoire Midi-Pyrénées, les imageurs de Terre extrasolaires ressembleront peut-être à cet étrange attelage. "L'idée

d'utiliser des réseaux diffractants pour focaliser la lumière date d'Augustin Fresnel, au XVIII^e siècle. Mais elle n'est devenue à la mode en astronomie spatiale que dans les années 1995, grâce aux travaux de Youri Chesnokov", explique l'astronome. En 2004, lorsque trois ingénieurs du Cnes travaillant sur le sujet viennent demander conseil à Laurent Koechlin, ce spécialiste en interférométrie réalise qu'il a un moyen d'augmenter considérablement l'efficacité du système. Depuis, il travaille sur la validation de ce télescope fait de vide. Prochaine étape : l'espace !

C. Bess

Courtesy L. Koechlin



Entre Toulouse et Nice, le spécialiste de l'interférométrie Laurent Koechlin teste actuellement un nouveau système optique capable de faire des images à haut contraste sans lentille, ni miroir.