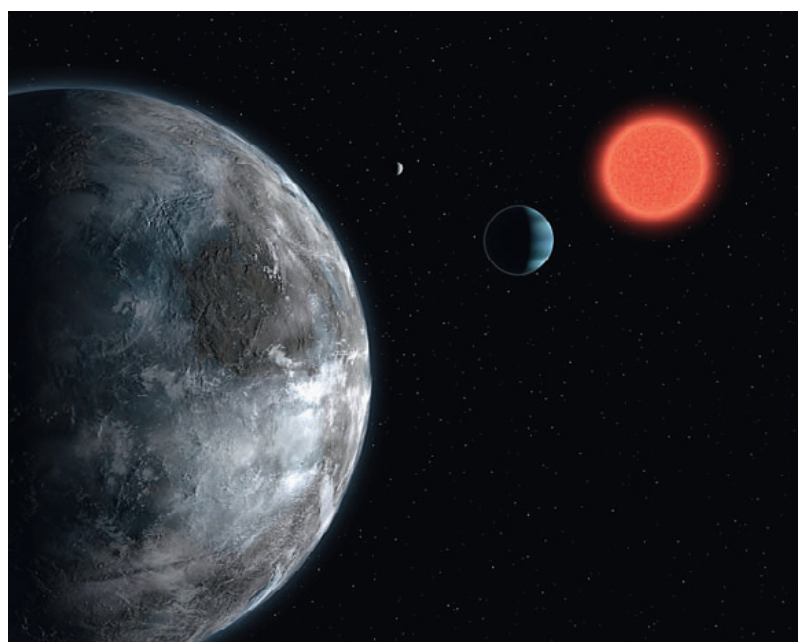
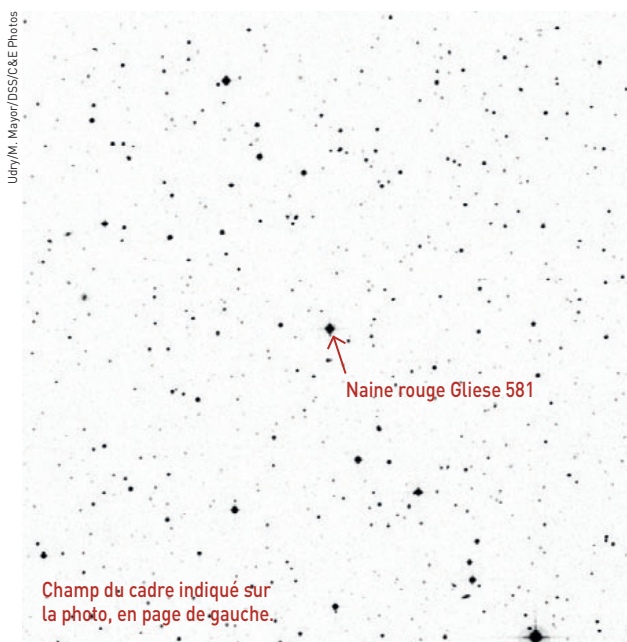


Une planète habitable à 20 années-lumière de la Terre

La planète **Gliese 581d**, découverte en 2007 autour d'une étoile naine rouge proche, est probablement habitable ! C'est ce que montre un important travail de simulation du climat de cette super-Terre, réalisée par une équipe française.

Bernard Romney



C'EST une étoile sans éclat, située à 20 années-lumière de nous. Une naine rouge un tiers plus petite que le Soleil, comme la Galaxie en compte des milliards. Mais depuis la découverte de ses quatre planètes, entre 2005 et 2009, c'est aussi la coqueluche de tout ce que la Terre compte d'exobiologistes. Son nom ? Gliese 581. Depuis 2007, les spécialistes pressentaient que ce système stellaire pouvait abriter la première planète extrasolaire habitable, c'est-à-dire située à une distance telle de la naine rouge que de l'eau liquide peut exister à sa surface. Une équipe française vient de le confirmer en réalisant la première simulation numérique 3D de l'atmosphère d'une exoplanète : Gliese 581d, troisième planète découverte dans le système, à 40 millions de kilomètres de son soleil rougeâtre, serait une lointaine cousine de la Terre.

Gliese 581 est une étoile discrète de la constellation de la Balance. Cette naine rouge, comme il en existe des milliards dans la Voie lactée, pourrait être entourée d'une planète "habitable" : un astre à la surface duquel l'eau peut exister à l'état liquide (illustration ci-dessus).

En 2007, lorsque l'équipe de Michel Mayor, à l'observatoire de Genève, découvre cette super-Terre de 6 masses terrestres, elle n'attire pas vraiment l'attention. C'est vers une deuxième planète, Gliese 581c, que convergent les regards. D'après les rapides calculs effectués par les astronomes, sa température d'équilibre est en effet comprise entre 30 et 60 °C. Du coup, Gliese 581c sera placée un peu vite dans la zone habitable de son étoile. Pourtant, comme l'explique Franck Selsis, du laboratoire d'astrophysique de Bordeaux, cosignataire de la nouvelle publication : "Dès 2007,



"Nous avons envisagé différents cas, de la planète océan à la planète continent"

Le planétologue François Forget est chercheur au laboratoire de météorologie dynamique, à Paris.

j'ai rappelé que seule une planète dont la température d'équilibre est inférieure à 0°C peut présenter de l'eau liquide sur sa surface. À titre de comparaison, ce paramètre vaut environ -20°C pour la Terre." Gliese 581d, passée inaperçue, lui paraît dès cette époque plus prometteuse : "Compte tenu du flux lumineux qu'elle reçoit, équivalant à celui de la Mars primitive sur laquelle de l'eau a coulé, il semblait intéressant de réaliser des simulations numériques du climat de cette nouvelle planète."

L'ensoleillement de la Mars primitive

À l'époque, les spécialistes ne disposent que de modèles simplifiés qui, appliqués à la Terre, donnent toutefois de bons résultats. Dans ces modèles, on représente la structure tridimensionnelle d'une atmosphère planétaire par une simple colonne verticale, en négligeant les variations d'"ensoleillement" dues à la rotation de la planète sur elle-même et autour de son étoile, ainsi que le transport de chaleur engendré par le déplacement des masses d'air atmosphériques. Le "jeu" consiste alors à déterminer des profils de température et de pression le long de cette atmosphère unidimensionnelle, une fois donnés sa composition chimique et le flux de lumière moyen reçu par la planète. Appliqués au cas de Gliese 581d en 2007, ces modèles confortent l'intuition de l'astrophysicien bordelais : la planète pourrait se trouver dans la zone d'habitabilité de son étoile. Un résultat confirmé par différentes équipes en 2010.

Pour autant, impossible de conclure définitivement sur cette base. Car l'extrême simplification des modèles 1D passe sous silence des paramètres pourtant cruciaux. Ainsi, parce qu'elle évolue près de son étoile, Gliese 581d est probablement soumise à de puissants effets gravitationnels de la part de celle-ci. Conséquence : comme Mercure, son axe de rotation a de fortes chances d'être très peu incliné. D'où des pôles jamais éclairés, peut-être suffisamment froids pour que toute l'eau de la planète s'y condense sous forme de glace.

Autre conséquence : il est raisonnable d'imaginer que Gliese 581d, telle la Lune par rapport à la Terre, présente toujours la même face à son étoile. "Le risque est alors réel de voir l'intégralité de son atmosphère prisonnière d'un immense glacier sur sa face sombre", estime François Forget, du laboratoire de météo-

rologie dynamique (Paris), cosignataire de l'étude. Gliese 581d est-elle vraiment habitable ? Pour en avoir le cœur net, les chercheurs n'avaient pas d'autre solution que de simuler "grandeur nature" le climat de l'exoplanète, afin de vérifier si les espoirs nés de calculs 1D résistaient à l'épreuve de la 3D.

François Forget et son équipe ont utilisé un modèle numérique de leur cru, semblable à ceux utilisés pour étudier

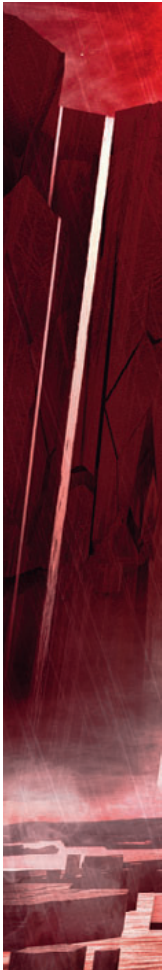
le climat ou la météo terrestre. Un modèle capable de simuler la dynamique tridimensionnelle d'une atmosphère, nuages compris. Et pour que la vraisemblance soit maximale, les chercheurs y ont intégré les caractéristiques précises du rayonnement de la naine rouge, la forme supposée de l'orbite de Gliese 581d autour de son étoile, et envisagé différentes possibilités pour la rotation de la planète sur elle-même. "Nous avons également considéré plusieurs hypothèses pour la structure de surface de Gliese 581d, depuis le cas d'une planète océan jusqu'à celui d'une planète continent", ajoute François Forget.

Une question cruciale, tout de même : quelle composition choisir pour l'atmosphère de l'exoplanète ? L'existence de Gliese 581d n'ayant été révélée que par des moyens indirects, nous ne disposons d'aucune information à ce sujet. Heureusement, l'atmosphère d'une planète de cette masse ne peut pas être n'importe quoi. Ainsi, essentiellement deux gaz à effet de serre (les plus importants pour la question de l'eau liquide) sont envisageables ici. L'hydrogène, tout d'abord — "mais c'est un gaz très léger qui, sur Gliese 581d, aurait tendance à échapper à la gravité", note Franck Selsis. Et nous ne connaissons aucun mécanisme susceptible de le renouveler." Le dioxyde de carbone (CO₂), sinon. Un gaz dont la Terre offre un magnifique exemple de mécanisme régulateur : les rejets volcaniques, la pompe à carbone que constitue l'océan et l'ensoleillement concourent pour que la quantité de gaz carbonique présente dans notre atmosphère soit compatible avec la présence d'eau liquide. Ce gaz jouerait-il un rôle identique sur Gliese 581d ?

Après de multiples tests, le moins que l'on puisse dire est que les résultats se placent au-delà des espérances des scientifiques. Quels que soient les jeux de paramètres envisagés, l'ordinateur indique qu'il existe tou-

"Dans le cadre d'hypothèses raisonnables, on a potentiellement de l'eau liquide sur cette planète"

Franck Selsis, du laboratoire d'astrophysique de Bordeaux, est un spécialiste des atmosphères planétaires.





D. Florentz pour C&E

jours une pression atmosphérique en gaz carbonique, comprise entre 5 et 10 bars, telle que la température de surface de Gliese 581d est compatible avec la présence d'eau liquide. *"La robustesse du résultat a été pour nous une surprise, confie François Forget. Il est confirmé y compris dans les cas les plus défavorables, notamment celui où Gliese 581d est en rotation synchrone, comme la Lune."* Autrement dit, Gliese 581d devient la première exoplanète potentiellement habitable.

"Ce très beau travail confirme les conclusions issues des modèles 1D, mais sur la base de simulations plus réalistes", assure Lisa Kaltenegger (Institut Max Planck, Heidelberg). John Lee Grenfell, au Centre aérospatial allemand, partage cet enthousiasme : "C'est un pas très important. Et Gliese 581d devra être une cible prioritaire des futures missions d'observation."

À en croire les simulations, il faut imaginer sur Gliese 581d une atmosphère dense et opaque, dans laquelle l'œil humain serait quasiment aveugle car peu sensible aux infrarouges de l'étoile naine. Ses concentrations en gaz carbonique, d'ailleurs, seraient toxiques pour de nombreux organismes terrestres. Dans le cas où l'exoplanète tournerait rapidement sur elle-même, il est même envisageable que d'abondants

nuages de gaz carbonique se forment au-dessus des pôles. Ils tomberaient alors en pluie, alimentant des fleuves de CO₂ liquide s'évaporant au fur et à mesure qu'ils s'écoulent vers des latitudes plus "clémentes" ! Mais Franck Selsis relativise : *"Malgré ces scénarios très excitants, nous disons simplement que dans le cadre d'hypothèses raisonnables, en l'état invérifiables, on a potentiellement de l'eau liquide sur cette planète, ce qui est une condition nécessaire, peut-être pas suffisante, pour le développement d'une forme de vie."*

Une chose est sûre : les exobiologistes devront s'armer de patience pour en apprendre davantage. Et notamment attendre la future génération de télescopes géants, dans le courant de la prochaine décennie, pour analyser la composition atmosphérique d'exoplanètes. Fort des résultats des chercheurs français, qui indiquent que la présence d'eau liquide est possible sur des planètes en orbite autour de naines rouges, ils pourront néanmoins se consoler en espérant découvrir prochainement d'autres candidates à l'habitabilité. Si tel est le cas, Gliese 581d, aussi extraordinaire qu'elle nous paraisse aujourd'hui, n'aura été que la première d'une longue série. Et Gliese 581 redeviendra une petite étoile banale... ●

Que verrait-on à la surface de Gliese 581d ? Les simulations suggèrent une planète nimbée d'une atmosphère dense, opaque pour l'œil humain, peu sensible aux infrarouges de l'étoile naine Gliese 581 (vue d'artiste ci-dessus).

+ C Qu'est-ce qu'une planète habitable ? avec François Forget, sur www.cieletespaceraudio.fr/sep.776