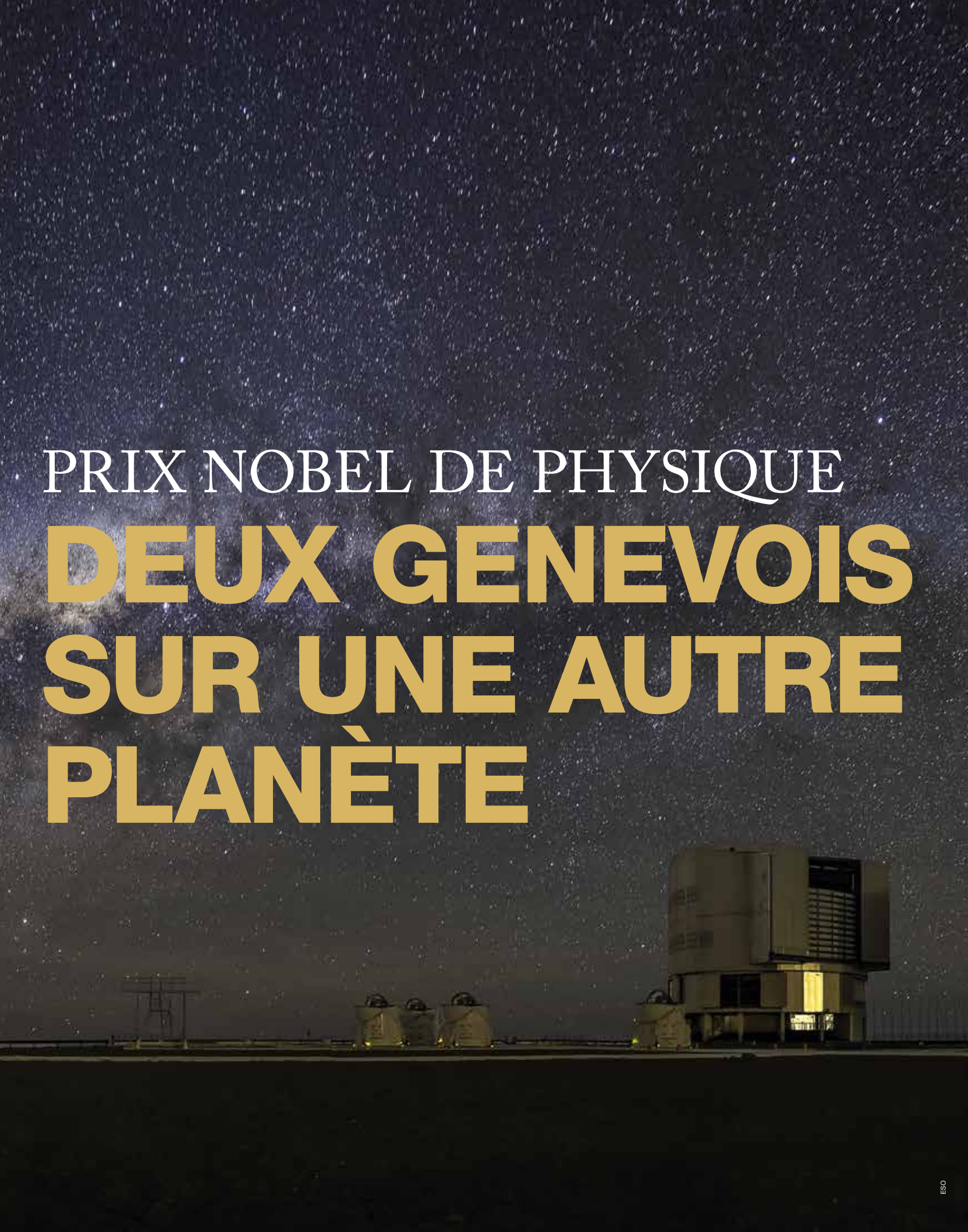


PRIX NOBEL DE PHYSIQUE

DEUX GENEVOIS SUR UNE AUTRE PLANÈTE

ESO

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE SUÈDE A DÉCERNÉ LA RÉCOMPENSE SUPRÊME AUX DEUX ASTROPHYSICIENS DE L'UNIGE, **MICHEL MAYOR ET DIDIER QUELOZ**, POUR LA DÉCOUVERTE DE LA PREMIÈRE EXOPLANÈTE EN 1995. RETOUR SUR UNE AVENTURE COMMENCÉE IL Y A UN QUART DE SIÈCLE.

Dossier réalisé par Anton Vos et Vincent Monnet

Michel Mayor et Didier Queloz devant le dôme du télescope suisse Léonard-Euler de 1,2 mètre de diamètre à La Silla, au Chili, en 2003. Au sommet de la montagne se trouve le télescope de 3,6 mètres de diamètre de l'ESO.

« LE SUSPENSE DURE À PEINE LE TEMPS DE POINTER LE TÉLESCOPE DANS LA BONNE DIRECTION. PRESQUE AUSSITÔT, L'ORDINATEUR CONFIRME LA PRÉSENCE D'UN COMPAGNON DONT LA MASSE ÉQUIVAUT À LA MOITIÉ DE CELLE DE JUPITER »

Michel Mayor (77 ans) et Didier Queloz (53 ans) ont reçu mardi 8 octobre le prix Nobel de physique 2019 pour la découverte en 1995 de la première planète extrasolaire, c'est-à-dire une planète qui tourne autour d'une autre étoile que le Soleil. Ils partagent cet honneur avec le physicien canado-américain James Peebles pour ses recherches en cosmologie.

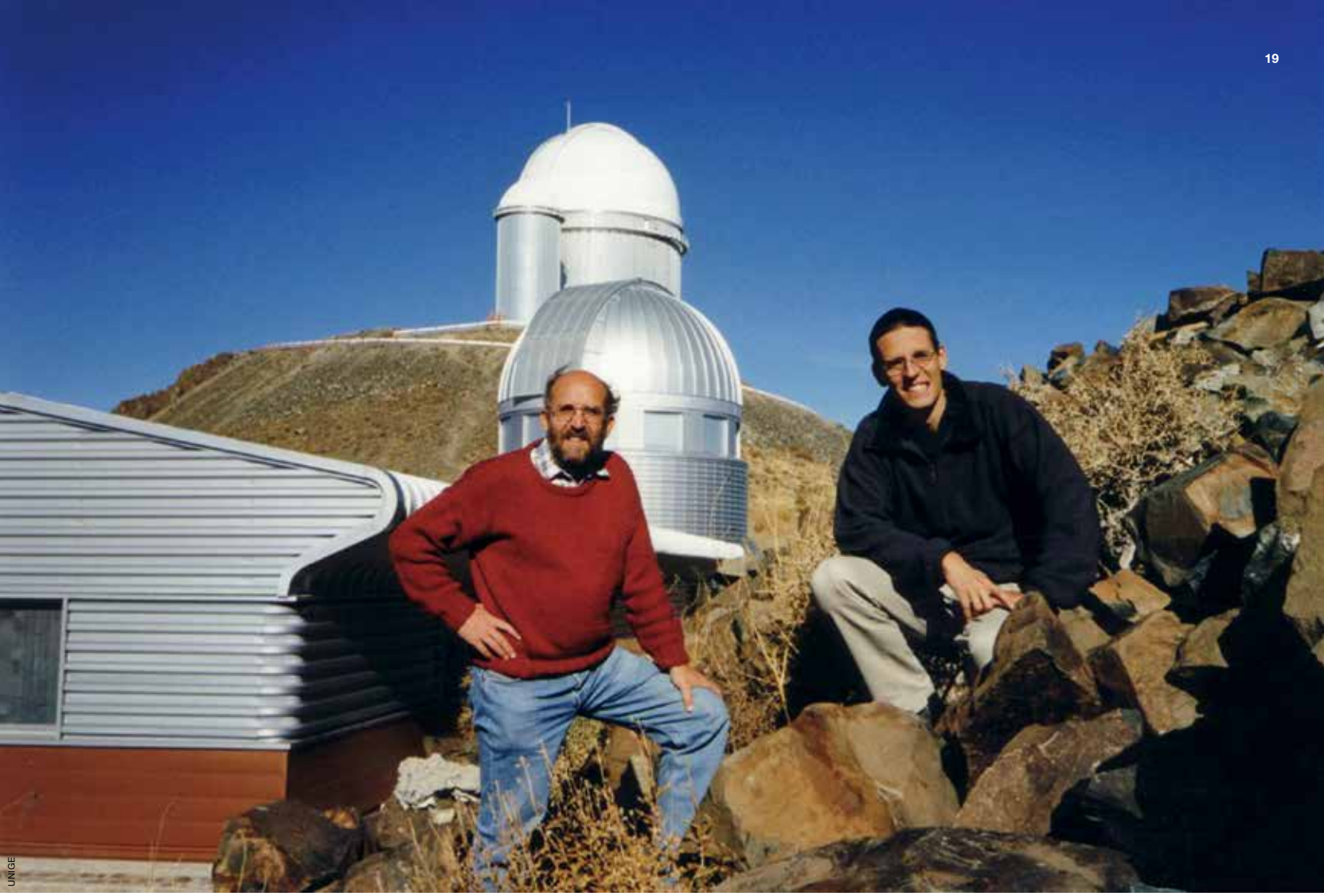
Les travaux des deux astrophysiciens genevois, aujourd'hui respectivement professeur honoraire à la Faculté des sciences et professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et à l'Université de Cambridge, ont ouvert un des champs de recherche les plus florissants de l'astronomie. Celui-ci mobilise en effet aujourd'hui des milliers de chercheurs et des moyens techniques considérables qui ont permis de détecter plus de 4000 objets célestes en moins de vingt-cinq ans.

Même si leur découverte date désormais d'un quart de siècle et que cela fait au moins dix ans qu'ils sont régulièrement nommés pour la reconnaissance suprême, les deux astrophysiciens genevois ont été totalement pris par surprise lors de l'annonce de l'Académie royale des sciences de Suède. Pour des raisons évidentes de santé mentale et pour éviter de stresser chaque année à la même date, ils avaient en effet, l'un comme l'autre, relégué cette perspective à la fin de la liste de leurs préoccupations. Ce n'est qu'au moment d'apprendre la nouvelle, en cette matinée mémorable, qu'ils se sont rappelés qu'on était le mardi de la deuxième semaine d'octobre. Et que ce jour-là, c'est prix Nobel de physique.

« *J'étais à Madrid pour une série de conférences*, se souvient Michel Mayor. *Quand je suis monté dans ma chambre d'hôtel et que je me suis connecté à internet, ma boîte aux lettres électronique a débordé de messages, à tel point que je n'arrivais plus à les lire. C'est comme ça que j'ai compris ce qui se passait. Je ressens une joie énorme. C'est un honneur incroyable. Je pense aussi à tous les ingénieurs, techniciens et opticiens qui m'ont aidé. Car les instruments qui ont permis cette découverte ne se sont pas fabriqués tout seuls.* »

Didier Queloz, de son côté, a vécu l'expérience d'un petit blackout à Cambridge, en Angleterre. « *Cette histoire m'était totalement sortie de la tête et j'ai appris la nouvelle par un coup de téléphone de mon université alors que j'assistais à une réunion*, raconte-t-il. *L'émotion a été tellement forte que j'ai eu un blanc. Je ne me rappelle plus ce que j'ai fait durant les minutes qui ont suivi. Je suis revenu à moi, entouré de mes collègues qui applaudissaient. La journée m'a ensuite échappé. J'ai été ballotté dans tous les sens. Le soir, après le dîner, je suis sorti sous un ciel splendide et je me suis dit que c'était une soirée parfaitement adaptée à un prix Nobel décerné à un astrophysicien.* »

Rendez-vous sous le ciel de Provence L'événement à l'origine de cette récompense, qui sera officiellement remise à Stockholm le 10 décembre, remonte donc à plus de vingt-quatre ans. Le 6 juillet 1995, pour être exact, Michel Mayor et Didier Queloz ont en effet rendez-vous à l'Observatoire de Haute-Provence avec l'étoile 51 Pegasi, une étoile autour de laquelle semble graviter un étrange corps céleste qu'ils avaient repéré quelques mois plus tôt et qui vient de réapparaître dans l'hémisphère Nord. Le



UNIGE

suspense dure à peine le temps de pointer le télescope dans la bonne direction. Presque aussitôt, l'ordinateur confirme la présence d'un compagnon dont la masse équivaut à la moitié de celle de Jupiter. Aucun doute n'est permis. C'est la première exoplanète jamais détectée.

Sur le plan scientifique, cette formidable découverte, qui s'inscrit dans une immense chaîne de savoirs et de questions, a deux conséquences majeures. La première est de remettre en cause la plupart des théories existantes sur la formation des systèmes planétaires. La seconde est de relancer une quête longtemps oubliée : celle des autres mondes.

HORMIS LES AUTEURS DE SCIENCE-FICTION, PLUS GRAND MONDE NE CROIT À CETTE CHIMÈRE

En effet, durant la première partie du XXe siècle, hormis les auteurs de science-fiction, plus grand monde ne croit à cette chimère. Toutes les estimations qui sont alors données par la littérature scientifique font état d'un nombre très limité, voire de l'absence totale, d'autres systèmes planétaires dans la galaxie.

« *Cette vision s'explique par un raisonnement qui, sans être faux en soi, repose sur une hypothèse erronée*, explique Michel Mayor. *On sait depuis Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) que les planètes se forment au sein de disques de matière. Toutefois, vers 1900, le cosmologiste britannique James Hopwood Jeans parvient à imposer l'idée que ces disques sont arrachés à une étoile par le passage d'un autre astre à proximité. Or, si la chose est possible sur le plan purement physique, la probabilité de rencontre entre deux étoiles est proche de zéro sur la durée de vie d'une galaxie.* »

Faute d'être en mesure d'identifier le phénomène physique capable de créer ces disques de matière, on a mis très longtemps à sortir de cette hypothèse. Conséquence : aux yeux de la plupart des spécialistes, les planètes sont extrêmement rares en dehors du système solaire.

Fausses nouvelles Cela n'a pas empêché certains scientifiques, motivés sans doute par la part de rêve attachée à cette œuvre, de continuer à scruter le ciel à la recherche de ces insaisissables exoplanètes, parfois avec des moyens considérables, notamment après la découverte de Pluton en 1930. En 1943, alors que la Deuxième Guerre mondiale bat son plein, plusieurs équipes annoncent même avoir décroché le « jackpot » et découvert des compagnons autour d'étoiles proches grâce à la méthode de l'astrométrie (*lire en page 30*). Il s'avère toutefois rapidement que ces planètes sont le fruit de détections erronées.

La nouvelle suscite néanmoins l'enthousiasme des astronomes. D'autant qu'on comprend au même moment que les disques de matière requis pour la formation des planètes sont en réalité les sous-produits inéluctables de la formation des étoiles elles-mêmes.

La chasse aux exoplanètes reprend donc de plus belle. Et les fausses alertes aussi. Au milieu des années 1980, l'astronome néerlandais Peter van de Kamp, qui suit alors depuis près de quarante ans l'étoile de Barnard, est certain d'avoir touché au but. Mais, là encore, il s'agit d'erreurs de mesure liées à l'instrumentation. Face à ce nouvel échec, plusieurs équipes décident de changer de technique en passant de l'astrométrie, trop peu précise, à celle dite des « vitesses radiales » (*lire en page 30*).

Outre les Américains Geoffrey Marcy et Paul Butler ainsi que les Canadiens Gordon Walker et Bruce Campbell, l'équipe de Michel Mayor est de la partie, avec un nouvel instrument installé sur le télescope de l'Observatoire de Haute-Provence et baptisé Élodie (*lire l'article en page 26*).

« *Nous avons commencé notre campagne d'observation durant le printemps 1994*, se souvient le chercheur genevois. *Et l'ambiance n'était pas franchement à l'optimisme. Les premiers résultats que venaient de publier Campbell et Walker, après avoir étudié pendant une dizaine d'années une vingtaine d'étoiles très brillantes, ne faisaient en effet état d'aucune planète. De leur côté, Geoffrey Marcy et Paul Butler avaient également fait chou blanc auprès de 25 astres.* »

Le problème, c'est que l'ensemble de la communauté scientifique est encore convaincu que les grandes planètes, qui sont les plus faciles à détecter et représentent donc les cibles prioritaires, se trouvent loin de leur étoile, dans la zone où elles sont nées. Leur stratégie consiste donc à concentrer leurs efforts sur un nombre très limité d'astres et à adopter un rythme de mesures adapté à des périodes orbitales de plusieurs années.

« *Notre chance a été double*, estime Michel Mayor. *D'une part, nous disposions d'un instrument équipé d'un système informatique plus performant que celui de nos concurrents. De l'autre, nous ne cherchions pas seulement des planètes mais aussi des systèmes binaires comprenant des naines brunes. Ces dernières sont des étoiles « ratées », dont la masse est trop faible pour déclencher les réactions thermonucléaires nécessaires à les faire briller mais trop grosses pour être assimilées à une planète. Et comme, à l'époque, on ignorait presque tout sur ces objets, rien n'empêchait de penser qu'elles puissent avoir des orbites courtes autour d'une étoile plus grosse.*

« NOUS DISPOSIONS D'UN INSTRUMENT ÉQUIPÉ D'UN SYSTÈME INFORMATIQUE PLUS PERFORMANT QUE CELUI DE NOS CONCURRENTS »

LES NOBEL ET LA SUISSE

D'Henri Dunant à Didier Queloz et Michel Mayor, en passant par Albert Einstein, petit panorama des lauréats helvétiques du prix imaginé par Alfred Nobel.

Imaginé par Alfred Nobel, l'inventeur de la dynamite, le **prix Nobel** récompense des personnes « ayant apporté le plus grand bénéfice à l'humanité » dans le domaine de la physique, de la chimie, de la physiologie ou de la médecine, de la littérature et de la paix.

DR

La récompense, qui se monte à un peu plus de 900 000 francs pour chaque catégorie, est attribuée chaque année depuis 1901, la cérémonie de remise des prix ayant lieu le 10 décembre, jour de l'anniversaire de la mort d'Alfred Nobel.

La Suisse compte 28 lauréats : 3 Prix Nobel de la paix, 7 Nobel de chimie, 7 Nobel de physique, 2 Nobel de littérature et 9 Nobel de physiologie ou médecine.

Huit institutions basées à Genève ont été récompensées par un Nobel de la paix : le Comité international de la Croix-Rouge (1917, 1944, 1963), l'Office international Nansen pour les réfugiés (1938), le Haut-Commissariat des

DR

Nations unies pour les réfugiés (1954, 1981), la Ligue des sociétés de la Croix-Rouge (1963), le Bureau international du travail (1969), Médecins sans frontières (1999), le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2007) et la Campagne internationale pour l'abolition des armes nucléaires (2017).

Nous avons donc adopté un calendrier permettant de détecter des compagnons invisibles se déplaçant rapidement. »

Seul sous la coupole La stratégie s'avère payante. En novembre 1994, Didier Queloz, alors doctorant au Département d'astronomie sous la direction du professeur Michel Mayor, travaille à l'Observatoire de Haute-Provence (OHP) où il manœuvre le télescope sur lequel est branché le spectrographe Élodie, conçu et développé à l'OHP en collaboration avec Genève. Il est seul, car Michel Mayor séjourne alors à Hawaï pour un stage de six mois dans l'institut qui gère le tout nouveau télescope géant KECK.

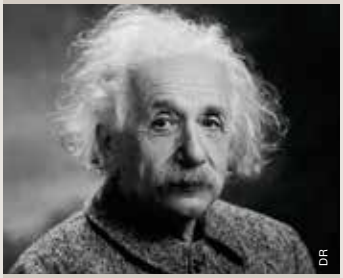
Tandis qu'il passe en revue une série d'étoiles afin de calibrer l'instrument de mesure, le jeune chercheur croit détecter une oscillation suspecte sur l'une d'entre elles, 51 Pegasi. Ce mouvement pourrait révéler la présence d'un compagnon invisible. Isolé sous sa coupole, en tête-à-tête avec le ciel, le jeune chercheur fait le plein d'émotions. Craignant de s'être trompé, il refait ses calculs, encore et encore. Une fois averti, Michel Mayor reste dubitatif. Mais pas au point de laisser passer l'occasion. L'étoile située dans la constellation du Pégase, éloignée de 51 années-lumière du système solaire, devient même l'objet de toutes les attentions des astronomes genevois. Cependant, échaudés par les mésaventures récentes de leurs collègues, les deux chercheurs genevois veulent bétonner leurs données avant d'annoncer quoi que ce soit. Car il y a un souci. « *Si nos premiers calculs étaient avérés, nous avions déniché une planète dont les caractéristiques n'avaient été prévues par aucune théorie. Cet objet, dont la masse équivalait à la moitié de celle de Jupiter, était 20 fois plus proche de son étoile que la Terre ne l'est du Soleil et avait une période orbitale de 4,2 jours seulement* », commente l'astronome.

ISOLÉ SOUS SA COUPOLE, EN TÊTE-À-TÊTE AVEC LE CIEL, LE JEUNE CHERCHEUR FAIT LE PLEIN D'ÉMOTIONS. CRAIGNANT DE S'ÊTRE TROMPÉ, IL REFAIT SES CALCULS, ENCORE ET ENCORE

Pour en avoir le cœur net, Michel Mayor et Didier Queloz sont contraints d'attendre que 51 Pegasi et son énigmatique compagnon réapparaissent dans le ciel de Provence, ce qui est le cas ce fameux 6 juillet 1995.

« *Didier et moi avions demandé à nos familles de nous accompagner pour fêter l'événement si celui-ci devait se confirmer*, raconte Michel Mayor. *Ce qui a été le cas dès nos premières nuits d'observation. C'est seulement à partir de ce moment-là que nous y avons réellement cru. Pour marquer le coup, nous avons mangé une tarte aux framboises et bu de la clairette de Die.* »

Huit lauréats sont d'origine romande : Henri Dunant (1901, paix), Élie Ducommun (1902, paix), Albert Gobat (1902, paix), Charles Édouard Guillaume (1920, physique), Daniel Bovet (1957, médecine), Jacques Dubochet (2017, chimie), Michel Mayor (2019, physique), Didier Queloz (2019, physique).



Albert Einstein, qui a conservé sa double nationalité helvético-américaine jusqu'en 1940, est sans doute le plus célèbre des Prix Nobel suisses. Il a été récompensé par l'Académie suédoise en 1921 pour son explication de l'effet photoélectrique.

Werner Arber : Professeur honoraire à l'Université de Bâle, Werner Arber a obtenu en 1978 le prix Nobel de physiologie ou médecine avec Hamilton Smith et Daniel Nathans pour la découverte des enzymes de restriction. Un travail qu'il a en grande partie réalisé à l'Université de Genève où il a effectué son doctorat avant d'y occuper la fonction de professeur durant une dizaine d'années.

Jacques Dubochet : Professeur honoraire à l'Université de Lausanne, Jacques Dubochet a reçu le prix Nobel de chimie en 2017 pour le développement de la cryomicroscopie électronique permettant la détermination de biomolécules en solution à haute résolution. Il a commencé sa thèse à l'Université de Genève.

La lunette astronomique développée par Galilée au début du XVIIe siècle a permis à l'humanité de regarder le ciel sous un jour neuf.

D'ÉPICURE À MAYOR, EN PASSANT PAR GALILÉE

La quête des autres mondes n'a pas attendu le XXe siècle et la découverte de 51 Peg b par Michel Mayor et Didier Queloz. Certains des compatriotes d'Aristote, fondant leur raisonnement sur la logique, comprennent déjà que la Terre est sphérique – Ératosthène a d'ailleurs calculé assez précisément son diamètre – et que le système solaire est peuplé d'autres planètes (Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne).

Alors que la majorité de ses contemporains estime encore que le ciel est un espace clos auquel sont accrochées les étoiles, Épicure (341-270 av. J.-C.) écrit dans sa fameuse lettre à Hérodote : « La quantité d'atomes propres à servir d'éléments ou, autrement dit, de causes à un monde ne peut être épuisée par la constitution d'un monde unique, ni par celle d'un nombre fini de mondes, qu'il s'agisse d'ailleurs de tous les mondes semblables au nôtre ou de tous les mondes différents. Il n'y a donc rien qui empêche l'existence d'une infinité de mondes. »

Cette conception d'un Cosmos vaste connaît quelques éclipses durant le Moyen Âge, en raison surtout de l'avènement du christianisme, selon lequel le royaume des cieux est, à l'image de Dieu, parfait et immuable. Cela n'empêche pas Albert le Grand, évêque de Ratisbonne, de se demander, au XIIIe siècle : « Existe-t-il plusieurs mondes ou n'y en a-t-il qu'un seul ? C'est là l'une des plus nobles et des plus exaltantes questions dans l'étude de la nature. » Ou encore un autre prélat, Nicolas de Cues, évêque de Brixen (1401-1464), de s'interroger dans son livre *De la docte ignorance* : « Pourquoi la puissance divine se serait-elle contentée de créer un Univers clos alors qu'elle peut tout ? »

Le chanoine, médecin et astronome polonais Nicolas Copernic (1473-1543) franchit un pas supplémentaire en affirmant que les planètes tournent autour du Soleil et en donnant ainsi au Cosmos des dimensions jamais imaginées jusque-là. Le dominicain Giordano Bruno (1548-1600) n'est pas en reste puisqu'il défend à son tour l'idée que les étoiles du ciel sont autant de soleils autour desquels tournent des planètes abritant la vie. Il sera brûlé vif sur le Campo de' Fiori à Rome pour hérésie et apostasie.

La lunette développée par un autre Italien, Galileo Galilée (1564-1642), permet enfin d'aller plus loin que les seules spéculations. Cet instrument révèle en effet à une humanité encore sceptique les reliefs qui creusent la surface de la Lune, les satellites de Jupiter ainsi que nombre de nouvelles étoiles. Pour le découvreur du secret des anneaux de Saturne, le Hollandais Christiaan Huygens (1629-1695), la thèse de la pluralité des mondes ne fait plus de doute. « Un homme qui est de l'opinion de Copernic, qui fait de notre Terre une planète comme les autres, entraînée autour du Soleil et éclairée par lui, celui-là peut raisonnablement croire, même si cela semble osé, que les autres planètes ont des habitants tout comme la Terre », écrit-il dans son *Cosmotheoros*.

Un siècle plus tard, le philosophe allemand Emmanuel Kant (1724-1804) et l'astronome français Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) précisent encore le trait en proposant un ciel fabuleusement profond modelé par la gravitation et peuplé de myriades de galaxies et de nébuleuses.

Au début du XXe siècle, le consensus scientifique penche pourtant à nouveau pour une rareté voire une absence de planètes hors du système solaire. Ce n'est qu'à partir de 1995 et la découverte de Michel Mayor et Didier Queloz que l'on se rend progressivement compte qu'en réalité, la majorité des étoiles de type solaire possèdent un ou plusieurs compagnons.

Communauté sceptique Il reste cependant à convaincre la communauté des astronomes qui se montre plutôt circonspecte, voire sceptique. L'annonce de la découverte, en octobre lors d'une conférence à Florence, a beau faire le tour du monde en quelques heures, la nature imprévue de la nouvelle venue pose toujours question. Comment une planète comme Jupiter peut-elle se trouver aussi proche de son étoile ?

En réalité, la réponse existe déjà. Elle a été formulée par deux astronomes Peter Goldreich et Scott Tremaine en 1980 et est liée au concept de migration orbitale. *« C'est un développement théorique majeur dont le détail est très complexe, mais dont les idées de base sont relativement simples*, résume Michel Mayor. *Les planètes géantes comme 51 Peg b ou Jupiter naissent à une distance importante de leur étoile, là où le disque d'accrétion contient des grains de glace préservés par un rayonnement assez faible. Ensuite, certaines de ces jeunes planètes s'approchent de leur astre central en spirale durant un temps court – 1 à 2 millions d'années. Une fois qu'il est totalement absorbé, le disque disparaît et l'orbite des planètes se stabilise à l'endroit où elles se trouvent. »* Des simulations informatiques ont par la suite réussi à reproduire le phénomène de manière fiable.

Sans attendre ces explications, les chasseurs de planètes se ruent derrière leurs télescopes tout en revisitant leurs anciennes données à la lumière des nouvelles révélations. En quelques jours, Geoffrey Marcy, le principal concurrent des Genevois, parvient à confirmer la découverte des Suisses et le fait savoir immédiatement à Michel Mayor. Et en janvier 1996, il annonce la découverte de deux nouvelles exoplanètes (autour des étoiles 70 Virginis et 47 Ursa Majoris).

Dans les six mois qui suivent, la même équipe double la mise, puis les chiffres s'emballent. On en connaît aujourd'hui plus de 4000 de façon certaine. Il s'avère que le système solaire n'est pas un exemple courant. On trouve au contraire des objets de plus en plus singuliers dans le ciel : des systèmes comportant jusqu'à sept planètes tournant autour de la même étoile, des planètes gravitant autour de deux étoiles, des systèmes composés d'une étoile tournant dans un sens et d'une planète tournant dans l'autre sens, des orbites excentriques, etc. *« Ces découvertes ont radicalement transformé notre vision de l'Univers et remis en cause la plupart des choses que l'on croyait savoir à propos de la formation des planètes*, conclut Michel Mayor. *Mais tout cela était tellement étonnant qu'il a fallu attendre septembre 1999 et la découverte du premier transit – à laquelle notre équipe est d'ailleurs associée – pour balayer les doutes des derniers sceptiques, témoigne Michel Mayor. Gordon Walker, par exemple, m'a avoué plus tard que ce n'était qu'à partir de ce moment-là qu'il avait été convaincu de la réalité de ces nouveaux mondes. »*

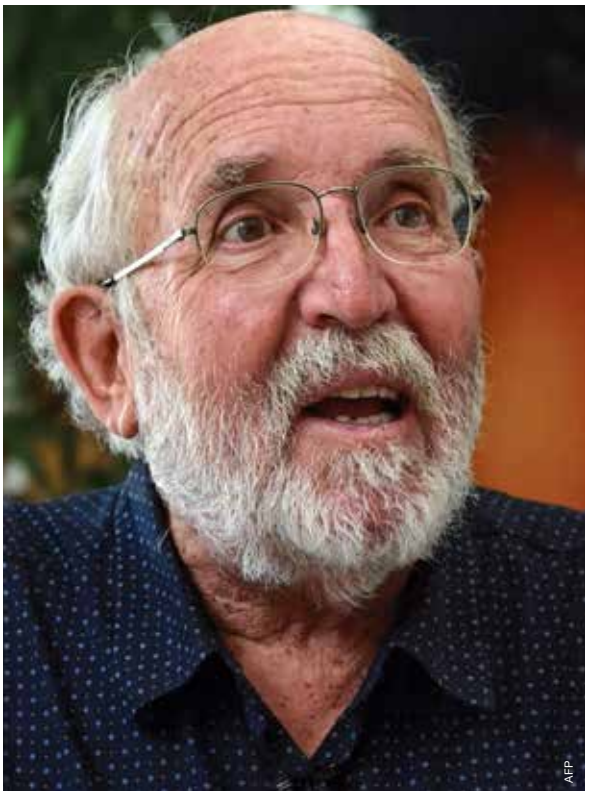
« C'EST SEULEMENT À PARTIR DE CE MOMENT-LÀ QUE NOUS Y AVONS RÉELLEMENT CRU. POUR MARQUER LE COUP, NOUS AVONS MANGÉ UNE TARTE AUX FRAMBOISES ET BU DE LA CLAIRETTE DE DIE »

« Les Nouveaux Mondes du cosmos », par Michel Mayor et Pierre-Yves Frei, Seuil 2001.

PORTRAIT

LE « PAPE DES AUTRES MONDES »

PROFESSEUR HONORAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DEPUIS SA RETRAITE EN 2007, **MICHEL MAYOR**, AUJOURD'HUI ÂGÉ DE 77 ANS, A RÉALISÉ L'ESSENTIEL DE SA CARRIÈRE DANS LES MURS DE L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE.


AFP

Surnommé par un grand quotidien parisien du soir, le « *Pape des nouveaux mondes* », Michel Mayor est né le 12 janvier 1942 à Lausanne. Élève doué en physique et en mathématiques, il se découvre très tôt une passion pour les sciences qui le conduit sur les bancs de l'université de sa ville natale. Le choix de la discipline qui lui vaudra un prix Nobel des années plus tard se fait un peu par hasard. « *Le jour où j'ai obtenu mon diplôme, paraissaient deux annonces,* raconte le principal intéressé. *Une en mécanique statistique à l'École polytechnique fédérale de Lausanne, l'autre en astronomie à l'Observatoire de Genève. Si ce jour-là il y avait eu une offre pour faire de la sismologie ou se lancer dans l'océanographie, j'aurais pu parfaitement faire autre chose. Mais je me suis décidé pour Genève et c'est comme cela que tout a commencé.* » Le jeune chercheur fait ses premières armes en étudiant le mouvement des étoiles. Devant le manque d'instruments disponibles pour mener à bien ses travaux, il décide de mettre la main à la pâte après une rencontre avec un collègue à Cambridge. Les années suivantes sont consacrées à la construction de plusieurs spectrographes astronomiques d'une précision toujours plus grande. « *Du coup, j'ai mis de côté ce qui avait été mon sujet de thèse et j'ai fait cinquante autres travaux puisque tout ce qui est lié au mouvement des étoiles devenait abordable* », restitue-t-il aujourd'hui.

C'est grâce à l'un deux, baptisé Élodie, que l'astronome, nommé professeur à l'UNIGE en 1984, réalise une première prouesse scientifique en codécouvrant le premier objet de masse substellaire en dehors du système solaire. Nous sommes alors en 1989 et six ans plus tard ce sera au tour de 51 Peg b, la première planète extrasolaire.

Loin de s'en tenir là, Michel Mayor participe par la suite à la découverte de nombreux autres corps célestes dont Gliese 581c, la première exoplanète connue aux caractéristiques proches de celles de la Terre.

Nommé professeur honoraire de la Faculté des sciences au moment de son départ à la retraite, en 2007, Michel Mayor a reçu de nombreuses récompenses parmi lesquelles la Médaille Albert-Einstein, le prix Marcel Benoist, le prix Balzan, le prix de la Ville de Genève, la médaille d'or en astronomie de la « Royal Astronomical Society » ou encore le prix Wolf de physique.

Docteur *honoris causa* d'une dizaine d'universités, membre de l'Union astronomique internationale, de l'Académie des sciences et titulaire du grade de chevalier de la Légion d'honneur, il a également servi de modèle à un personnage virtuel chargé de guider les participants à Eve Online – un jeu de conquête galactique participatif – dans leurs recherches de nouveaux territoires.

L'astéroïde 125 076, découvert par son collègue jurassien Michel Ory, porte aujourd'hui son nom.

PORTRAIT

PROFESSION : CHASSEUR DE TERRES

PARTAGEANT SON TEMPS ENTRE GENÈVE ET CAMBRIDGE, OÙ IL DIRIGE UN GROUPE DE RECHERCHE SUR LES EXOPLANÈTES, **DIDIEZ QUELOZ** A ÉTÉ LE PREMIER À MESURER LA DENSITÉ D'UNE PLANÈTE ROCHEUSE HORS DU SYSTÈME SOLAIRE.

AFP

Issu d'une famille aux lointaines origines jurassiennes et grecques, Didier Queloz naît à Genève le 23 février 1966. Après une maturité scientifique au Collège de Saussure, il intègre la Faculté des sciences de l'Université de Genève où il obtient un master en physique en 1990, puis un diplôme d'études avancées (DEA) deux ans plus tard. Au cours de sa thèse en astronomie, dirigée par Michel Mayor, il démarre un programme de recherche focalisé sur les objets brillants. L'objectif étant de constituer un échantillon de référence. C'est au cours de ce processus qu'il repère une « anomalie » dans ses données. Anomalie qui, après vérification, s'avérera être la première planète jamais découverte en dehors du système solaire.

Auréolé de ce premier succès, Didier Queloz traverse l'Atlantique en 1998 pour rejoindre, deux ans durant en tant que *Distinguished visiting scientist*, le prestigieux Jet Propulsion Laboratory, entreprise qui est chargée de la construction et de la supervision des vols non habités de la Nasa.

De retour à Genève, où il est successivement nommé maître-assistant (2000), maître d'enseignement et de recherche (2003), puis professeur adjoint (2008) à la Faculté des sciences, le jeune chercheur participe au développement du système PRIMA-DDL ESO/VLTI permettant la détection des orbites planétaires par astrométrie, ainsi qu'à la première détection en transit d'une planète rocheuse effectuée par le télescope spatial Corot.

En 2013, il est recruté par l'Université de Cambridge qui lui propose un poste de professeur au sein de son plus prestigieux laboratoire, le Cavendish Lab, lequel compte pas moins de 12 Prix Nobel dans ses effectifs passés ou présents. Il conserve toutefois un poste de professeur ordinaire à l'UNIGE.

Chargé de diriger un vaste programme de recherche visant à mieux comprendre la formation, la structure et l'habitabilité des exoplanètes, Didiez Queloz est aujourd'hui associé à la plupart des projets tant européens qu'américains visant à découvrir de nouvelles planètes. *« Nous n'avons découvert pour l'instant que très peu de petites planètes comparables à la Terre,* explique-t-il. *Mais je ne peux pas croire que nous soyons la seule forme de vie dans l'Univers. Il y a bien trop de planètes, bien trop d'étoiles et comme la chimie est universelle, la Terre n'est sans doute pas le seul endroit où on peut trouver de la vie. »*

Auteur de nombreuses publications scientifiques, Didier Queloz a été récompensé par maintes distinctions outre le prix Nobel qu'il vient de recevoir. Partageant le prix Wolf de physique, le prix de la Ville de Genève et le BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Award avec Michel Mayor, il a également reçu le prix Vacheron Constantin pour la meilleure thèse de doctorat en sciences, tandis qu'au cours de l'année 2000, il était sélectionné par la revue *Nature* en tant qu'auteur d'un des 21 articles ayant changé la science et le monde. L'astéroïde 177415 porte aujourd'hui son nom.

INSTRUMENTS

QUATRE GÉNÉRATIONS DE SPECTROGRAPHES ÉCRIVENT LA LÉGENDE DES EXOPLANÈTES

SANS LEUR INSTRUMENT DE MESURE, LES ASTROPHYSICIENS NE SERAIENT RIEN. **RETOUR SUR LA LIGNÉE DE SPECTROGRAPHES** QUI A CONTRIBUÉ DURANT 40 ANS À ÉCRIRE LA « SUCCESS STORY » GENEVOISE.

Coravel, Élodie, Coralie, Harps, Harps-Nord, Espresso… L'histoire de la découverte par les astronomes genevois de 51 Peg b en 1995 et des centaines d'exoplanètes qui ont enrichi depuis leur tableau de chasse est indissociable de cette lignée d'instruments de mesure qui a été perfectionnée au fil des générations. Ce sont en effet ces spectrographes qui, en décomposant la lumière des étoiles et en mesurant le décalage de leur spectre vers le bleu et le rouge selon un va-et-vient régulier, révèlent la présence d'un compagnon invisible en orbite. En d'autres termes, le mérite de la découverte de 51 Peg b revient non seulement aux découvreurs proprement dits, les astrophysiciens Michel Mayor et Didier Queloz, récents lauréats du prix Nobel de physique, mais aussi aux techniciens, ingénieurs, informaticiens et opticiens qui participent depuis quarante ans à la concrétisation de cette *success story* genevoise. Récit.

En 1970, Michel Mayor, qui est alors doctorant du Département d'astronomie (Faculté des sciences), se rend à un colloque à Cambridge au Royaume-Uni dans l'idée de trouver un moyen de mesurer la vitesse des étoiles proches du Soleil. Loin de penser aux exoplanètes, son but est de vérifier certains aspects de la théorie décrivant la dynamique des galaxies. Seulement, les données et les moyens techniques disponibles à cette époque ne sont pas assez précis pour cela.

Au cours de la visite d'une coupole, il tombe sur Roger Griffin. L'astronome britannique y présente un spectrographe de sa fabrication. Il s'agit d'un assemblage hétéroclite d'électronique rudimentaire, de roues dentées et autres lampes. Le système de refroidissement est composé d'un vieux frigo, d'un ventilateur et d'un bac de silicagel pour éviter la formation d'humidité et de givre risquant d'aveugler l'appareil. Quant à l'isolation thermique du miroir, elle est assurée par une veste en duvet accrochée par de la ficelle. Malgré son apparente rusticité, l'instrument du génial bricoleur fonctionne à merveille. Grâce à un système de décomposition de la lumière en toutes les couleurs, un dispositif optique et mécanique de haute précision et un masque ingénieusement troué, cet appareil est capable de mesurer la vitesse radiale d'une étoile, c'est-à-dire son éloignement ou son rapprochement par rapport à la Terre. Son efficacité est même 1000 fois plus élevée que celle des appareils existants. Le résultat de chaque mesure est obtenu en quelques minutes, au lieu d'une nuit entière. Et ce, grâce à des innovations techniques et à la précision de certains composants.

LE SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT EST COMPOSÉ D'UN VIEUX FRIGO, D'UN VENTILATEUR ET D'UN BAC DE SILICAGEL POUR ÉVITER LA FORMATION D'HUMIDITÉ ET DE GIVRE

CORAVEL De retour à Genève, fasciné par l'appareil qu'il a contemplé, Michel Mayor parvient à convaincre le directeur de l'Observatoire de l'époque, Marcel Golay, de le laisser développer un spectrographe sur le même modèle. Manquant de compétences en optique, il réussit à associer André Baranne, de l'Observatoire de Marseille, à son entreprise. Ce dernier, que d'aucuns décrivent comme un magicien des lentilles, imagine immédiatement une ruse optique afin d'améliorer les performances du futur appareil.

C'est Jean-Luc Poncet qui se charge de la partie informatique, car il n'est pas question de traiter les mesures brutes avec une règle et à la main comme le fait encore Roger Griffin. L'informatique de l'époque étant ce qu'elle est,

Le télescope de 1,93 mètre de diamètre de l'Observatoire de Haute Provence sur lequel était branché le spectrographe Élodie qui a permis la détection de la première planète extrasolaire en 1995.

le jeune doctorant en physique doit développer un logiciel qui s'accommode d'une mémoire de 8 kilo-octets (n'importe quel smartphone en a aujourd'hui des millions de fois plus). Devant l'impossibilité de la tâche, les chercheurs sont finalement obligés d'acheter d'occasion une extension de mémoire de 8 Ko supplémentaires pour 20 000 francs.

Enfin monté, le spectrographe, baptisé Coravel (*Correlation Velocity*), est monté sur le télescope de 1 mètre de l'Observatoire de Haute Provence (OHP). Il réalise sa première lumière en 1977. L'appareil permet de mesurer une vitesse radiale d'une étoile avec une précision de 250 mètres par seconde. C'est excellent pour l'époque mais probablement insuffisant pour détecter une planète comme Jupiter. La perturbation causée par la géante gazeuse sur le Soleil n'est en effet que de 13 m/s. De toute façon, les exoplanètes ne font pas encore partie des objectifs de l'équipe genevoise.

Motivés par leur machine ultraperformante, les astrophysiciens lancent un programme scientifique consistant à traquer les étoiles doubles. Cette tâche est en grande partie réalisée par Antoine Duquennoy. La contribution de cet astronome français débarqué à Genève en tant que coopérant dans le cadre de son service militaire et mort prématurément six mois avant la découverte du compagnon de 51 Pegasi, est essentielle. Durant plus de dix ans, lui et ses collègues cherchent des compagnons stellaires de plus en plus petits, affûtant leurs instruments et acquérant de l'expérience. « *C'est grâce à ce travail que nous sommes devenus quelques années plus tard des chasseurs d'exoplanètes* », n'hésite pas à souligner Michel Mayor.

L'un des plus grands faits d'armes de Coravel est d'avoir confirmé la découverte, par une équipe américaine, d'un compagnon autour de l'étoile HD 114762. L'article, qui paraît en 1988 dans la revue *Nature* et auquel sont associés les chercheurs genevois, parle toutefois d'une naine brune (une étoile trop petite pour déclencher les réactions thermonucléaires qui la feraient briller) et non d'une planète (*lire l'article en page 32*).

Quoi qu'il en soit, un compagnon aussi petit, même de nature stellaire, cela reste une première. L'événement offre aux astrophysiciens genevois un certain crédit dans la communauté des chasseurs d'exoplanètes, communauté qu'ils intègrent alors officiellement.

ÉLODIE et CORALIE En 1990, pour répondre à une demande de l'OHP, Michel Mayor et André Baranne se lancent dans la construction du successeur de Coravel. Des deux successeurs, en fait, puisqu'il est prévu d'en construire un pour l'hémisphère Nord (Élodie) et un autre pour l'hémisphère Sud (Coralie).

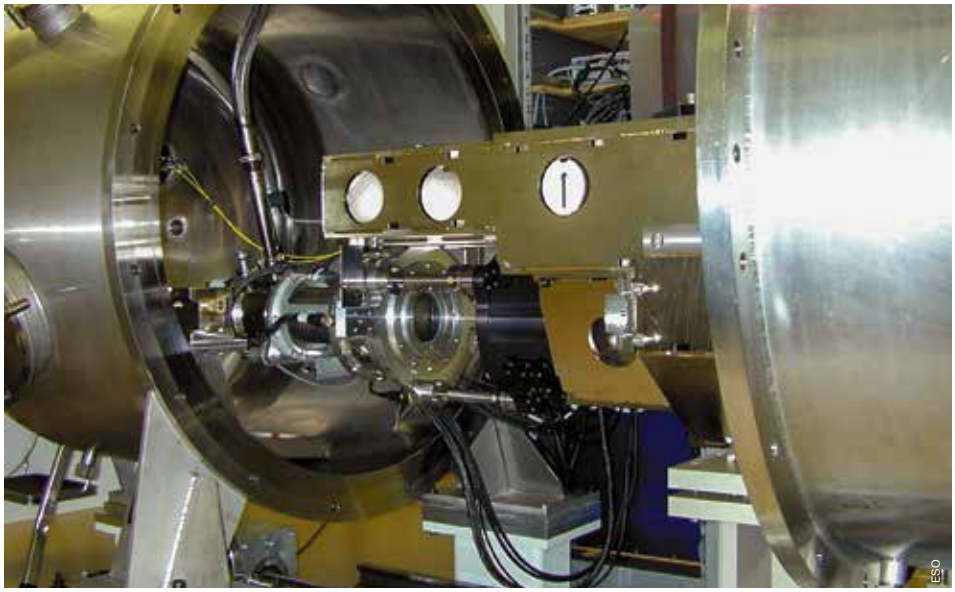
Les chercheurs décident cette fois-ci d'intégrer tout ce que les technologies modernes mettent à leur disposition : fibres optiques, caméras digitales, etc. La recherche d'une plus grande stabilité de l'appareil et d'une plus grande précision va de pair avec des difficultés techniques considérables qui poussent les collaborateurs au maximum de leurs compétences. Le design optique est signé une fois de plus André Baranne. La réalisation proprement dite est laissée au soin des techniciens. En tout, le groupe compte une dizaine de personnes.

Pour résoudre les problèmes de stabilité qui deviennent critiques, l'appareil est équipé de deux fibres optiques. La première apporte au spectrographe proprement dit la lumière de l'étoile visée. La seconde est censée fournir la brillance du ciel et ainsi la soustraire aux mesures. Le concept est bon mais, en pratique, il s'avère compliqué à gérer et représente une source potentielle d'erreurs. Alain Vin, ingénieur à l'OHP décédé en 2018, propose alors une amélioration technique subtile qui fait *tilt* dans les cerveaux de l'équipe. Elle débouche rapidement sur l'idée décisive de coupler la seconde fibre à une lampe de calibrage au thorium-argon. Cette astuce permet à tout moment de soustraire à la mesure tous les mouvements infimes liés à l'instabilité intrinsèque de l'instrument et révélés en temps réel par la lampe de calibrage.

« *Cette technique, qui s'avère payante, est à la base de tous les spectrographes qui suivront*, commente Francesco Pepe, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences). *Elle est la marque de fabrique des instruments genevois.* »

Didier Queloz et Michel Mayor devant le télescope suisse Léonard-Euler de 1,2 mètre de diamètre à La Silla au Chili. C'est sur cet instrument qu'est installé le spectrographe genevois de deuxième génération Coralie.

DR



Le spectrographe Harps à l'intérieur de sa cuve à vide, ouverte pour les besoins de tests en laboratoire. Cet instrument est actuellement installé sur le télescope de 3,6 mètres de diamètre de l'ESO à La Silla au Chili.

La partie informatique représente une fois de plus un défi de taille. Il est cette fois-ci relevé par Didier Queloz qui, durant trois ans, met au point un logiciel permettant de traiter les données d'Élodie. Ce programme permettra d'ailleurs d'augmenter d'un facteur trois l'efficacité de l'appareil.
Élodie est monté en 1993 sur le télescope de 1,93 mètre de l'OHP (Coralie est installé quelques années plus tard sur le télescope suisse Euler au Chili) mais il n'entre en fonction qu'en 1994, après la correction des inévitables erreurs de jeunesse. Sa précision atteint les 15 m/s. À peine quelques mois plus tard (en novembre 1994), il permet de décrocher la première exoplanète. Une prouesse qui vaut le prix Nobel 2019 à son concepteur, Michel Mayor, et à son opérateur, Didier Queloz.
« *Les spectrographes des concurrents, américains surtout, n'étaient pas moins précis*, note Francesco Pepe. *Ils n'utilisaient pas de fibre optique, estimant qu'elle faisait perdre trop de lumière. Et ils avaient choisi une autre méthode de calibration, en théorie plus performante mais en pratique beaucoup plus lourde d'utilisation. Alors qu'ils avaient besoin de plusieurs heures pour « réduire » leurs données, nous obtenions des valeurs pour les vitesses radiales en quelques secondes seulement. Tout bien considéré, le spectrographe genevois a toujours été plus efficace que le leur. Cela dit, la raison principale qui a permis à Michel Mayor et à Didier Queloz d'être les premiers, c'est d'avoir pris en considération aussi bien des périodes orbitales courtes (celle de 51 Peg b est de 4,2 jours) que longues tandis que leurs rivaux se concentraient uniquement sur les révolutions étalées sur plusieurs années.* »

HARPS et ESPRESSO Après cette première exoplanète, les découvertes n'ont plus cessé. En particulier, celles réalisées par Élodie et Coralie qui se comptent aujourd'hui en dizaines. En 1998, l'Observatoire européen austral (ESO) lance un appel à proposition pour un nouveau spectrographe qui doit équiper le télescope de 3,60 mètres à La Silla au Chili. Les seuls à relever le défi sont Michel Mayor et son équipe. C'est ainsi que commence l'aventure de la troisième génération de spectrographes genevois. Francesco Pepe est réquisitionné pour mener cette aventure à bien.
Ce sera Harps (*High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher*), mis en fonction en 2003, suivi neuf ans plus tard par Harps-Nord, installé sur le *Telescopio Nazionale Galileo* italien de 3,58 mètres aux Canaries. Cet appareil de luxe fonctionne toujours sur le même principe que Coravel et utilise les améliorations apportées sur Élodie (fibre optique, caméra digitale, extrême stabilité thermomécanique) tout en bénéficiant des progrès technologiques réalisés entre-temps. Résultat, la précision tombe sous les 1 m/s et atteint même les 70 cm/s. On commence à détecter des exoplanètes plus petites que Neptune puis des super-Terres évoluant dans la zone habitable d'étoiles de faible masse.
La moisson dépasse aujourd'hui les 150 objets, ce qui fait de Harps le chasseur d'exoplanètes le plus prolifique à ce jour, après le satellite Kepler qui peut se targuer d'avoir identifié des milliers de candidates au statut de planète grâce à la technique dite du transit (*lire en page 30*).
Toujours menée par Francesco Pepe, l'équipe genevoise, en collaboration avec des instituts portugais, espagnols et italiens, fabrique ensuite le dernier spectromètre en date : Espresso (*Echelle Spectrograph for Rocky Exoplanet and Stable Spectroscopic Observations*). Installé sur le VLT (*Very Large Telescope*) de l'ESO dans le désert d'Atacama au Chili en 2016, ce monstre de plusieurs tonnes est surtout conçu pour étudier et caractériser des planètes rocheuses (de faible masse) se situant dans la zone habitable de leur étoile. Avec sa capacité à mesurer des vitesses aussi faibles qu'une dizaine de centimètres par seconde, il est probablement le seul instrument capable de confirmer et d'étudier plus en détail les plus petites planètes telluriques découvertes par la méthode du transit. Espresso s'approche toutefois de la limite physique au-delà de laquelle il devient presque impossible de distinguer les contributions d'un éventuel compagnon en orbite de celles des mouvements de l'étoile elle-même.

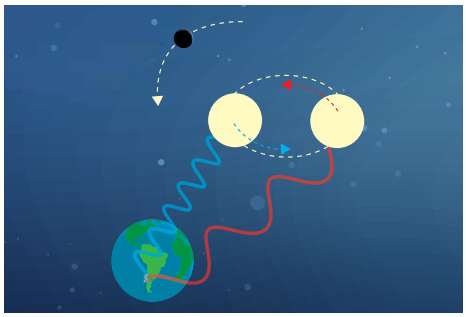
« Les Nouveaux Mondes du cosmos », par Michel Mayor et Pierre-Yves Frei, Seuil 2001.

MÉTHODES DE MESURE

CINQ FAÇONS DE DÉTECTER UNE EXOPLANÈTE

LES **PLANÈTES EXTRASOLAIRES**, À QUELQUES EXCEPTIONS PRÈS, ONT UNE LUMINOSITÉ TROP FAIBLE POUR ÊTRE DIRECTEMENT DÉTECTABLES À L'AIDE DE TÉLESCOPES. IL FAUT DONC LES DÉNICHER DE MANIÈRE INDIRECTE.

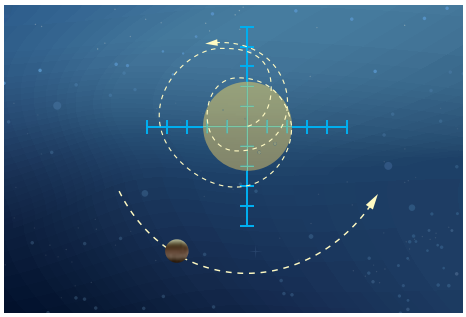
Vitesse radiale



Cette technique permet de calculer la masse minimale, la période et l'orbite de la planète. Elle est basée sur la mesure du léger mouvement de va-et-vient d'une étoile lorsque celle-ci possède une planète. Ce mouvement peut être détecté par un spectrographe mesurant un décalage du spectre lumineux de l'étoile vers le rouge (lorsque l'astre s'éloigne de la Terre) ou vers le bleu (lorsqu'il s'en approche).

Missions : CORAVEL, ÉLODIE, CORALIE, HARPS, HARPS-NORD, HIRES, ESPRESSO.

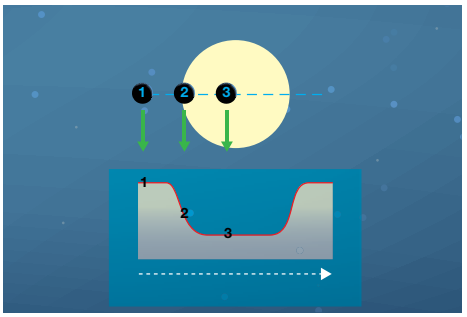
Astrométrie



L'astrométrie permet de connaître la masse et l'orbite des exoplanètes. Elle exploite aussi les oscillations de l'étoile engendrées par la présence d'une planète mais au lieu de mesurer la vitesse radiale de l'astre, elle suit son mouvement sur le plan du ciel. Pour y parvenir, les instruments astronomiques mesurent la position précise d'une étoile par rapport aux autres à plusieurs instants, mettant ainsi en évidence ses « errances » dans le ciel.

Missions : GAIA

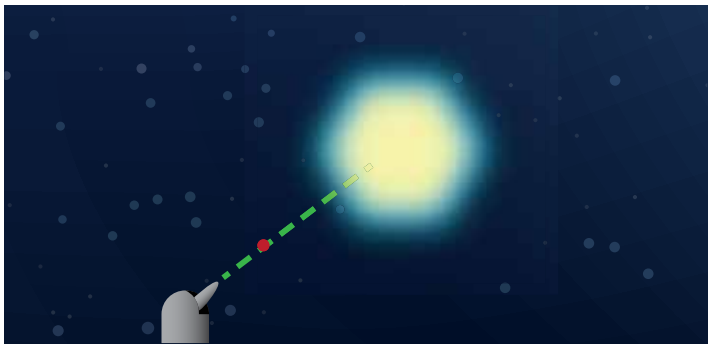
Transit



La méthode du transit permet de déterminer la période et le diamètre d'une exoplanète. Elle est basée sur le fait que certaines exoplanètes, vues depuis la Terre, passent devant leur étoile, provoquant une légère baisse de la luminosité de l'astre. Celle-ci est mesurée à l'aide d'un photomètre ou d'une caméra CCD. Le problème, c'est que la probabilité d'un « faux positif » est élevée. Toutes les découvertes doivent être systématiquement confirmées par d'autres techniques.

Missions : CoRoT, KEPLER, CHEOPS, PLATO.

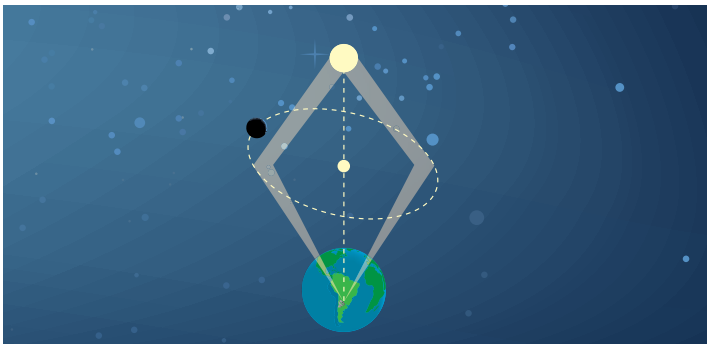
Imagerie directe



La technique de l'imagerie directe renseigne sur la masse et le rayon de la planète et permet d'analyser la composition chimique de son atmosphère. Pour photographier une exoplanète un milliard de fois moins lumineuse que son étoile, il faut éclipser l'astre lumineux à l'aide d'un coronographe installé sur le télescope. Les instruments terrestres doivent également corriger les effets perturbateurs de l'atmosphère à l'aide de la technique dite d'optique adaptative. Les conditions favorables à une telle observation sont très rares.

Missions : SPHERE, Keck, Subaru, Gemini.

Lentille gravitationnelle



Cette technique permet de détecter des planètes orbitant à une distance assez grande de leur étoile et possédant, potentiellement, les mêmes caractéristiques que la Terre. L'effet de lentille gravitationnelle se fait sentir lorsque le champ gravitationnel d'une étoile dévie la lumière venant d'un autre astre situé plus loin mais exactement sur la même ligne de visée. Si la première étoile (celle du centre) possède une planète, celle-ci peut apporter une perturbation régulière à l'effet de lentille détectable depuis la Terre. Les mesures se font à l'aide de télescopes munis de caméras CCD très sensibles qui suivent plusieurs étoiles en même temps car de tels alignements sont peu fréquents.

Missions : OGLE, MOA.

LES MONDES D'AILLEURS

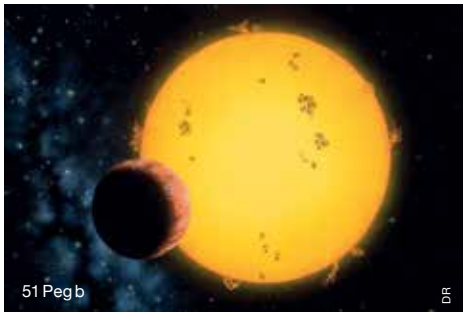
L'EMPIRE DES 4000 PLANÈTES

ELLES PEUVENT ÊTRE GROSSES OU PETITES, GAZEUSES OU ROCHEUSES, PROCHES OU ÉLOIGNÉES DE LEUR ÉTOILE : DEPUIS LE DÉBUT DES DÉCOUVERTES, LES ASTRONOMES TENTENT DE **CLASSER LES PLUS DE 4000 PLANÈTES EXTRASOLAIRES** TROUVÉES À CE JOUR.

Les « géantes gazeuses »

Ce sont les planètes les plus massives et les plus volumineuses. Elles sont rangées selon leur taille (les Jupiter et les Neptune) et leur température de surface, qui dépend du type de l'étoile et de la distance à celle-ci.

Les Jupiter : Elles ont une masse de plus de 50 fois celle de la Terre ou un rayon de plus de 6 fois celui de la Terre. Elles sont composées d'hydrogène et d'hélium. On en connaît plus de 1300. La majorité de ces exoplanètes sont dites « chaudes » car elles suivent une orbite très proche de leur étoile.


51 Peg b
DR

La plus connue est la première, 51 Peg b, découverte en 1995 par Michel Mayor et Didier Queloz. Elle tourne autour de son astre en 4,23 jours et à une distance qui est 20 fois plus proche que la distance Terre-Soleil.

Une telle proximité entre une géante gazeuse et son étoile a surpris les astronomes mais elle s'est avérée commune. Elle est due au phénomène dit de « migration planétaire » qui a lieu durant la formation du système planétaire, alors que le disque protoplanétaire n'a pas encore disparu.

Les « Jupiter froides » évoluent à des distances plus grandes de leur étoile, comme Jupiter et Saturne dans le système solaire, là où la glace peut survivre.

Les Neptune : Leur masse est comprise entre 10 et 50 masses terrestres et/ou leur rayon entre 2,5 et 6 fois celui de la Terre. Elles sont composées d'eau, de méthane et/ou d'ammoniac.

Gliese 436 b
ESA / HUBBLE

La première exoplanète de cette (petite) taille, Gliese 436 b, a été découverte en 2004. Sa masse est 22 fois celle de la Terre et elle accomplit une orbite en 2,6 jours. Son atmosphère s'évapore massivement sous l'effet du rayonnement de l'étoile.

Les « rocheuses »

Corot-7 b
ESA

Les planètes de taille plus modeste ont une plus grande probabilité d'être rocheuses.

Les super-Terres : Elles ont entre 5 et 10 masses terrestres et leur rayon est compris entre 1,5 et 2,5 fois celui de la Terre. En connaissant ces deux données, il est possible de déduire des informations sur leur structure interne. Certaines ressemblent d'ailleurs plus à des mini-Neptune gazeuses qu'à des planètes rocheuses. D'autres semblent composées de silicates, d'eau, ou encore de carbone. On en connaît plus d'un millier.

La première planète rocheuse découverte est Corot-7 b. Détectée en 2009 et d'une masse valant 9 fois celle de la Terre, elle possède une densité moyenne correspondant à peu près à celle de la Terre.

Certaines de ces planètes se trouvent dans la zone habitable, c'est-à-dire à une distance telle de leur étoile qu'elles peuvent potentiellement abriter de l'eau liquide et permettre le développement de la vie.

Découverte en 2007, Gliese 581 c, d'au moins 5,5 masses terrestres, évolue dans cette zone. Sa nature rocheuse n'a toutefois pas pu être formellement établie.

Les Terre : Leur masse oscille entre 0,5 et 5 fois celle de la Terre.

TRAPPIST-1 d
DR

Plusieurs centaines sont référencées. Il s'agit le plus souvent de candidats détectés par la méthode du transit et dont on connaît le rayon mais pas la masse. La plupart sont très proches de leur étoile et ne peuvent donc pas abriter la vie.

Une dizaine d'entre elles seulement seraient situées dans la zone habitable de leur étoile, généralement des naines blanches, c'est-à-dire des étoiles beaucoup plus petites que le Soleil.

L'une des plus intéressantes est TRAPPIST-1 d, découverte en 2016, dont la masse vaut 0,30 fois celle de la Terre et qui tourne autour de son astre en quatre jours.

Vue d'artiste d'une naine brune.

HD 114762 Ab possède une masse de plus de 100 fois celle de Jupiter.

Elle suit une orbite proche (comme celle de Mercure) autour d'une étoile de type solaire (HD 114762 A) qui fait elle-même partie d'un système binaire.

La deuxième étoile de ce système (HD 114762 B) est probablement, elle aussi, une naine brune ou une naine rouge. Elle est plus de 300 fois plus éloignée de l'étoile principale que HD 114762 Ab.

CONTROVERSE

« HD 114762 AB » NE DÉTRÔNERA PAS « 51 PEG B »

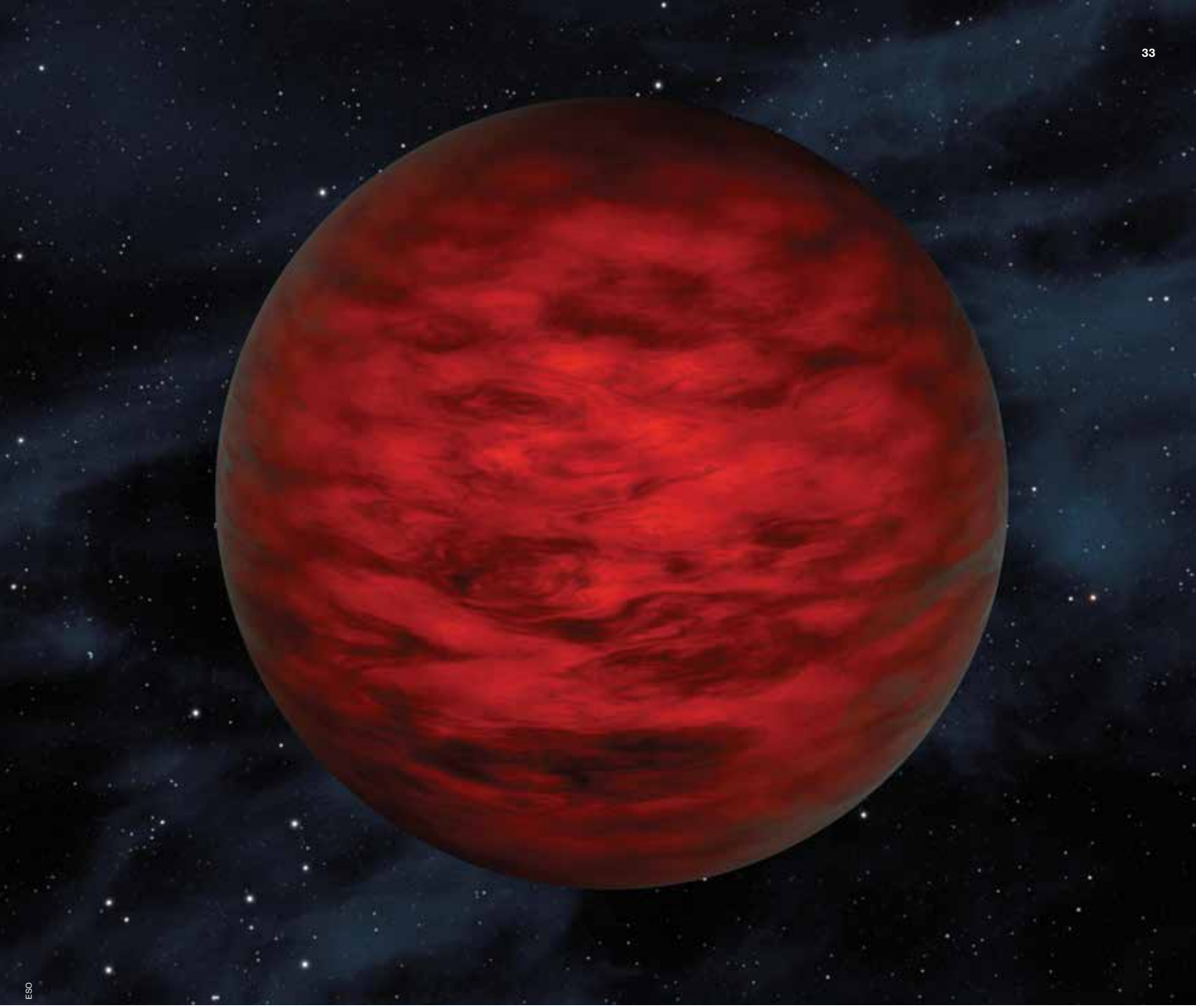
UNE ÉTUDE BASÉE SUR DES DONNÉES FOURNIES PAR **LE SATELLITE GAIA PERMET DE CONFIRMER LA NATURE STELLAIRE D'UN OBJET** QUI AURAIT PU DÉTRÔNER « 51 PEG B » DE SON STATUT DE PREMIÈRE PLANÈTE EXTRASOLAIRE.

Le statut de première exoplanète jamais découverte revient officiellement à 51 Peg b. Mais certains, parmi lesquels des scientifiques, ont longtemps eu des doutes. En effet, en 1989, soit six ans avant la fameuse détection qui a valu le prix Nobel de physique aux astrophysiciens de l'Université de Genève Michel Mayor et Didier Queloz, une équipe de l'Université Harvard menée par David Latham découvrait, autour de l'étoile HD 114762 A, un compagnon d'une masse minimale de 11 fois celle de Jupiter. En raison d'une limitation inhérente à la méthode de détection (dite de la vitesse radiale), il n'est pas possible de préciser davantage cette valeur, la nature de l'objet est donc longtemps restée indéterminée. Planète géante ? Étoile naine ? Ce flou a ouvert la voie aux spéculations, ce qui, aujourd'hui encore et malgré le prix Nobel, pousse certaines voix à remettre en cause l'antériorité de la découverte de 51 Peg b. Cependant, dans un article à paraître dans la revue *Astronomy & Astrophysics* et disponible depuis le 18 octobre sur le site *arxiv.org*, Flavien Kiefer, chercheur à l'Institut d'astrophysique de Paris, semble disperser les derniers doutes. En analysant la première série de données fournies en 2016 par le satellite européen GAIA, qui effectue actuellement la caractérisation de plus d'un milliard d'astres, il a réussi à montrer que HD 114762 Ab possède en réalité une masse équivalente à 107 fois celle de Jupiter, ce qui en fait une naine rouge ou, éventuellement, en tenant compte de la marge d'erreur entachant les mesures, une naine brune. En d'autres termes, l'auteur conclut que HD 114762 Ab est bel et bien une étoile et que l'hypothèse d'une exoplanète peut être définitivement balayée.

PLANÈTE GÉANTE ? ÉTOILE NAINE ? CE FLOU A OUVERT LA VOIE AUX SPÉCULATIONS, CE QUI, AUJOURD'HUI ENCORE, POUSSE CERTAINES VOIX À REMETTRE EN CAUSE L'ANTÉRIORITÉ DE LA DÉCOUVERTE DE « 51 PEG B »

Le paradoxe de l'histoire, c'est que Michel Mayor est lui-même impliqué dans la découverte de 1989. En effet, quand David Latham pense détecter un compagnon autour de l'étoile HD 114762 A, c'est vers le professeur de l'Observatoire de l'Université de Genève qu'il se tourne pour demander une confirmation. Et pour cause : l'astrophysicien genevois dispose d'un spectrographe de très haute précision pour l'époque, Coravel, qu'il a lui-même conçu et qui est installé sur un télescope de l'Observatoire de Haute Provence. Les mesures de l'appareil révèlent ainsi la présence d'un objet qui tourne en 84 jours autour de l'étoile. Cela vaut à Michel Mayor d'apparaître comme coauteur de l'article qui annonce la découverte dans la revue *Nature* en 1989.

Probable naine brune Le titre de l'article mentionne toutefois la présence d'une probable « naine brune » et non d'une exoplanète. Ce choix des mots est le résultat d'une discussion entre les trois principaux auteurs. Deux d'entre eux, dont Michel Mayor, préfèrent rester prudents.



ESO

TROIS COMPAGNONS DE PULSAR

Plusieurs autres annonces de planètes extrasolaires ont précédé celle de 51 Peg b. Quelques mois après la publication de HD 114762 b en 1989 (lire l'article ci-contre), les astronomes polonais Aleksander Wolszczan et canadien Dale Frail, travaillant sur le radiotélescope d'Arecibo à Porto Rico, découvrent deux planètes autour du pulsar PSR B1257+12 qu'ils annoncent en 1992 et une troisième en 1994.
Les trois planètes sont très petites (l'une d'elles a même une masse d'un cinquième de celle de la Terre) et suivent une orbite parfaitement circulaire. Elles ont été détectées par chronométrie, c'est-à-dire en détectant une irrégularité très faible dans la pulsation métronomique qui caractérise l'émission lumineuse des pulsars.
Le problème, c'est que les pulsars sont les restes d'une étoile plus grosse qui a explosé sous la forme d'une supernova. Au cours d'un tel événement catastrophique, les deux tiers ou les trois quarts de la masse de l'astre sont éjectés et le cœur s'effondre sous la forme d'une étoile à neutrons ultra-dense. Il n'y a aucune chance que des planètes aient pu survivre et rester gentiment sur leur orbite circulaire après un tel cataclysme.
Une des hypothèses expliquant la présence des exoplanètes détectées, c'est qu'une partie du matériel éjecté durant l'explosion n'a pas quitté l'influence gravitationnelle du pulsar et s'est regroupée dans un nouveau disque d'accrétion à partir duquel des planètes de seconde génération se sont formées.
Parce qu'elles n'orbitent pas autour d'une étoile de type solaire et qu'elles n'ont pas été formées en même temps que l'astre originel (celui d'avant la supernova), les trois planètes (certaines mesures semblent indiquer la présence d'une quatrième) sont considérées comme hors jeu dans la course à la découverte de la première exoplanète.

LA FAUSSE VRAIE ANNONCE DE GAMMA CEPHEI A B

En 1988, la présence d'une planète autour de l'étoile Gamma Cephei A est rapportée par une équipe canadienne menée par Bruce Campbell, Gordon Walker et Stephenson Yang. Les auteurs se rétractent en 1992 à cause de la qualité insuffisante de leurs données expérimentales qui ne permet pas de soutenir une découverte.

Pas de chance. Dans un article paru dans la revue « *The Astrophysical Journal* » en 2003, l'existence de la planète (d'une masse minimale de 1,59 masse de Jupiter) est finalement confirmée. Les données du satellite européen Hipparcos (prédécesseur de GAIA) permettent en 2006 de calculer une borne supérieure à la masse de l'objet. Celle-ci a une probabilité de 95% de valoir moins de 13,3 masses de Jupiter, ce qui permet d'affirmer qu'il s'agit bien d'une planète et non d'une naine brune.

David Latham aurait voulu plus d'audace mais se range à l'avis de la majorité. Cela n'a pas empêché la rumeur de courir.

Masse minimale Le doute vient du fait que la méthode de détection dite de la vitesse radiale (mouvement de rapprochement et d'éloignement de l'étoile causé par la présence d'un objet en orbite) ne peut, dans le meilleur des cas, que fournir une masse minimale pour le compagnon. Selon la manière dont le système planétaire se présente vu depuis la Terre (une information totalement inconnue), cette masse pourrait en réalité être beaucoup plus importante. Pour la connaître avec précision, il est nécessaire d'appliquer une autre méthode, comme celle dite du transit (c'est-à-dire la mesure de la mini-éclipse causée par l'objet passant devant l'étoile). Mais, vue depuis la Terre, HD 114762 b ne provoque pas d'éclipse.

DE TELLES VALEURS FONT DE « HD 114762 B » AU MIEUX UNE NAINE BRUNE MAIS PLUS PROBABLEMENT UNE NAINE ROUGE

La masse minimale calculée pour HD 114762 Ab, soit 11 fois celle de Jupiter (M_J), en fait certes une planète mais la limite avec les étoiles, fixée à environ 13,5 M_J, n'est pas loin. Aucune étude n'a permis de lever le doute jusqu'à ce qu'un chercheur français ne se penche sur les données préliminaires du satellite GAIA.

Lancée en 2013 et développée par l'Agence spatiale européenne, cette mission a pour objectif de mesurer les caractéristiques de plus d'un milliard d'objets célestes, (étoiles, astéroïdes, galaxies, etc.). La méthode utilisée est l'astrométrie (*lire en page 30*). Celle-ci permet de mesurer la position – et donc le déplacement – des astres dans le ciel, une information qui permettrait de connaître exactement la masse de HD 114762 Ab.

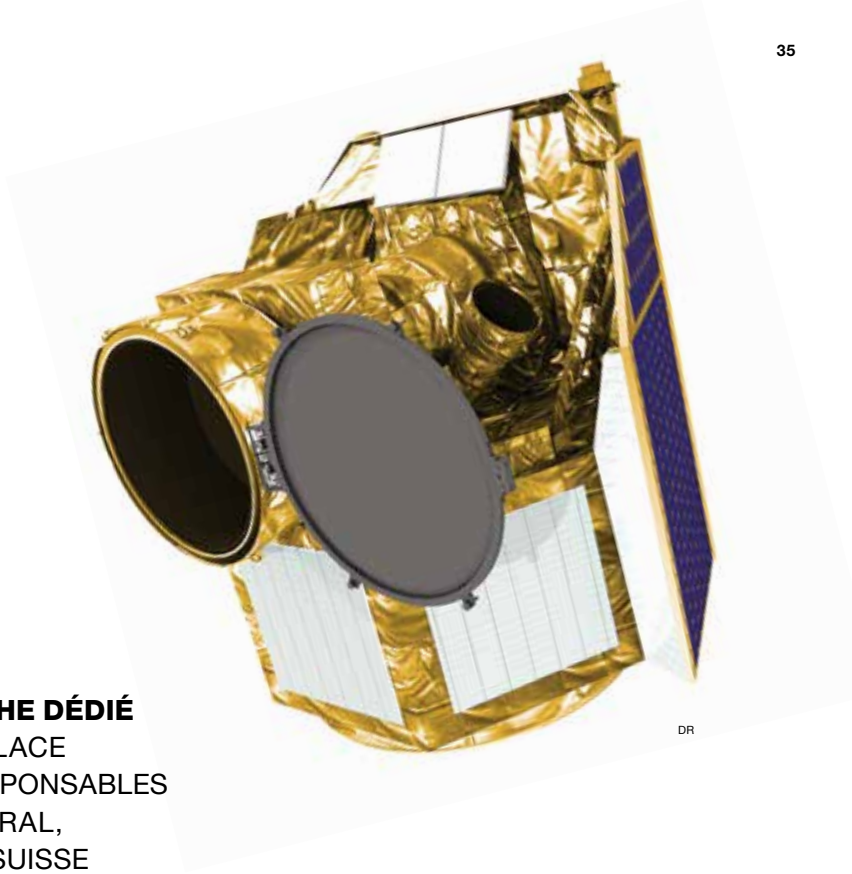
Flavien Kiefer n'a toutefois pas eu accès aux données astrométriques de GAIA qui ne seront rendues publiques qu'à la fin de la mission, en 2020. Il a en revanche pu utiliser des données indirectes, publiées en 2016 déjà, à partir desquelles le chercheur français a réussi à extraire des informations sur l'orbite du compagnon de HD 114762. Une prouesse réalisée grâce à une méthode de simulation assez sophistiquée mise au point précisément à cette fin.

Il en ressort que la masse la plus probable de HD 114762 Ab est de 107 M_J, avec un intervalle d'erreur allant de 80 à 137 M_J. De telles valeurs font de HD 114762 Ab au mieux une naine brune, c'est-à-dire un astre qui se forme comme une étoile mais qui est trop peu massif pour entretenir la fusion de l'hydrogène lui permettant de briller. Mais l'objet appartient plus probablement à la catégorie des naines rouges, c'est-à-dire les moins massives et les moins chaudes de toutes les étoiles alimentées par des réactions thermonucléaires stables.

« *Le travail de Flavien Kiefer est très subtil et très convaincant*, estime Michel Mayor. *Ses résultats sont conformes à ce que nous avons toujours pensé en nous basant sur d'autres arguments. L'un d'eux est la rotation de l'étoile qui, vue depuis la Terre, est très lente, comme si l'astre nous montrait son pôle. Une telle configuration milite en faveur d'un compagnon très massif. Par ailleurs, la composition de l'astre est déficiente en métaux, ce qui, selon la théorie, rend très improbable, voire impossible, le fait que le disque d'accrétion originel ait pu donner naissance à une géante gazeuse.* »

PÔLE NATIONAL DE RECHERCHE

« PLANETS », UNE ÉMANATION DE L'« ÉQUIPE DE GENÈVE »



DR

LANCÉ EN 2014, **LE PÔLE NATIONAL DE RECHERCHE DÉDIÉ À L'ÉTUDE DES EXOPLANÈTES** OCCUPE UNE PLACE CENTRALE DANS LE PAYSAGE EUROPÉEN. SES RESPONSABLES PRÉPARENT DÉJÀ LA FIN DU FINANCEMENT FÉDÉRAL, EN 2024 OU 2026, ET LA CRÉATION D'UN INSTITUT SUISSE POUR LES SCIENCES PLANÉTAIRES.

« *La découverte de 51 Peg b, et par anticipation le prix Nobel de physique qui lui est désormais associé, est l'élément fondateur du Pôle de recherche national PlanetS*, démarre Stéphane Udry, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et codirecteur de PlanetS. *Codirigé par les Universités de Genève et de Berne et focalisé sur l'étude des planètes dans notre système solaire et autour d'autres étoiles, ce pôle existe non seulement parce que les Genevois Michel Mayor et Didier Queloz ont été les premiers à avoir découvert une exoplanète en 1995 mais aussi parce que les équipes basées à Genève, à Berne et à Zurich ont ensuite réussi à développer des compétences de pointe qui sont complémentaires et cohérentes, plutôt que concurrentes, ce qui a permis de couvrir l'ensemble du domaine de recherche sur les exoplanètes.* »

PlanetS est une histoire de famille. Son directeur, Willy Benz, professeur à l'Institut de physique d'UNIBE, est en effet le premier doctorant de Michel Mayor et fait donc virtuellement partie de ce que l'on appelle dans la communauté l'« équipe de Genève ». Il en va d'ailleurs de même pour les dizaines de chercheurs qui sont passés ces vingt-cinq dernières années par le groupe « exoplanètes » du Département d'astronomie et qui sont entre-temps repartis sous d'autres cieux. Tous gardent des liens professionnels et sentimentaux avec l'Observatoire de Genève, tissant ainsi un réseau unique de collaborations à travers toute l'Europe.

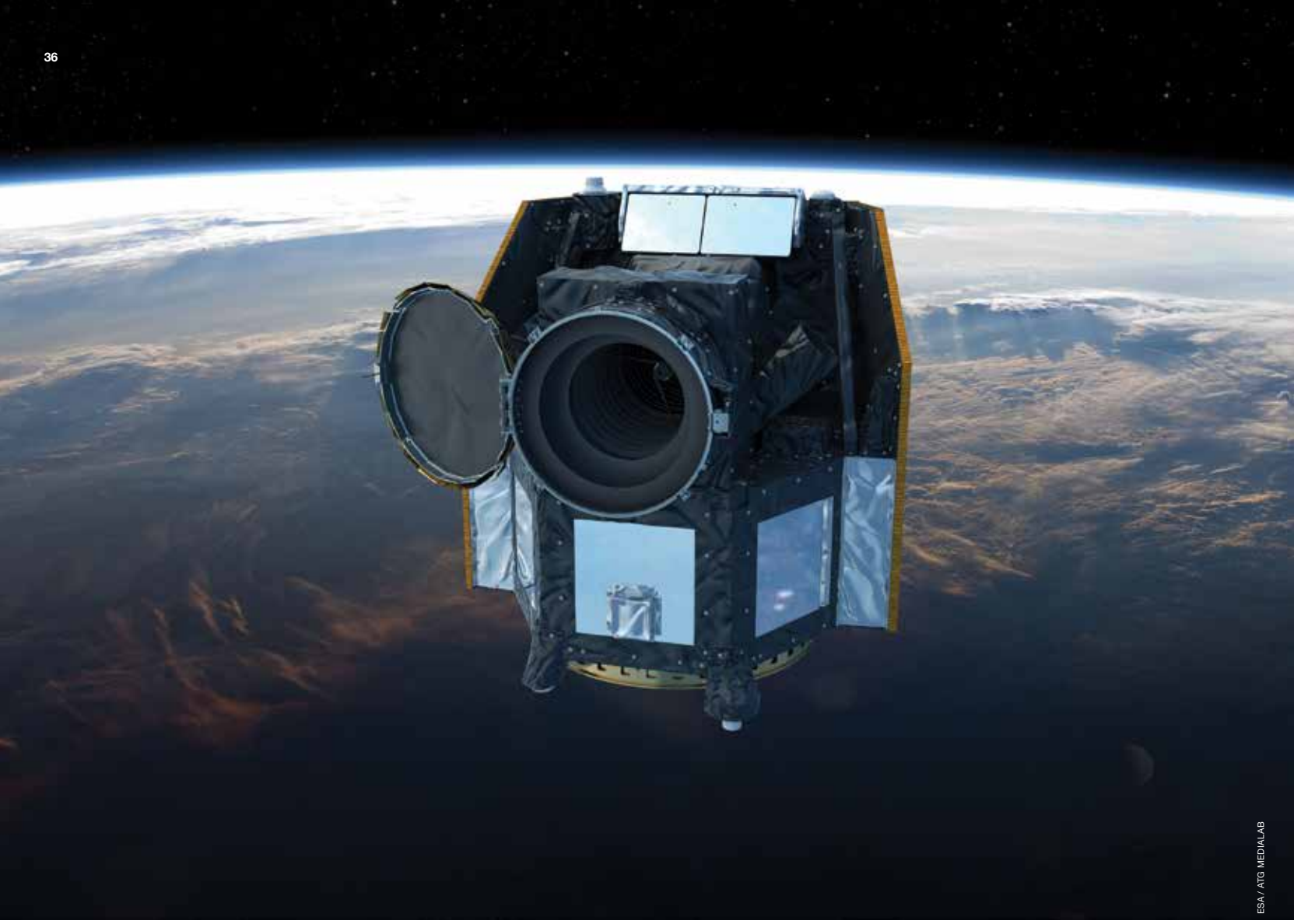
À GENÈVE, LA DÉTECTION ET LE DÉVELOPPEMENT D'INSTRUMENTS DE MESURE. À BERNE, LES MODÈLES THÉORIQUES DE FORMATION DES SYSTÈMES PLANÉTAIRES

Partage des tâches C'est peu dire que la découverte initiale de 1995 bouleverse la communauté encore modeste des chasseurs de planètes. Elle crée un élan qui ne fait que s'intensifier avec la multiplication des détections qui suivent. Les dix premières années d'exploration révèlent rapidement une grande diversité de systèmes planétaires.

« *Comme nous étions pionniers dans le domaine et que nous disposions de moyens observationnels puissants (*lire article en page 26*), nous occupions naturellement une place centrale en Europe*, analyse Stéphane Udry. *Le tronc de notre recherche a toujours été la récolte du plus grand nombre de candidats, c'est-à-dire d'exoplanètes potentielles. Par conséquent, chaque groupe qui se lançait dans le domaine se tournait vers nous.* »

La Suisse étant petite, les chasseurs de planètes helvétiques prennent soin dès le départ de constituer des groupes complémentaires. À Genève, la détection et le développement d'instruments de mesure. À Berne, les modèles théoriques de formation des systèmes planétaires, pour ne prendre que les deux institutions les plus engagées sur ce terrain.

Résultat, au milieu des années 2000, tous les ingrédients sont présents pour répondre efficacement aux appels à projet du Fonds national pour la recherche scientifique (FNS) permettant d'accéder aux Pôles nationaux de recherche (PNR), à savoir les programmes scientifiques les plus ambitieux du pays.



ESA / ATG MEDIALAB

UNE STRUCTURE PÉRENNE

Dotée d'un budget de 16,6 millions de francs pour quatre ans, la première phase du Pôle national de recherche (PNR) « PlanetS » s'est terminée en 2018, laissant la place à la deuxième qui s'étend de 2018 à 2022. Avec un financement en légère hausse, cette dernière compte 24 projets de recherche, regroupés en trois domaines principaux : les premières étapes de la formation des systèmes planétaires; l'architecture, la formation et l'évolution des systèmes planétaires; l'atmosphère, la surface et l'intérieur des planètes extrasolaires. Un quatrième domaine a été créé, comme bonus. Il s'agit de « Frontières de l'habitabilité », c'est-à-dire le domaine le plus populaire des exoplanètes et voué à la détection de la vie ailleurs que sur Terre.

Le Pôle PlanetS est traversé horizontalement par des plateformes habituelles aux PNR que sont la communication, les transferts de technologie et les aspects académiques de formation et de promotion de carrière (notamment des jeunes et des femmes). PlanetS compte aussi deux plateformes qui lui sont propres, à savoir Cheops, qui rassemble des postes scientifiques pour l'exploitation des données du satellite, et DACE (Data and Analysis Center for Exoplanets), une plateforme d'échange et de visualisation des données pour les exoplanètes.

« Grâce à PlanetS, les astronomes suisses actifs dans ce secteur parlent d'une seule voix et ont une vision claire des objectifs à atteindre dans leur branche, commente Stéphane Udry, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et codirecteur de PlanetS. *Au niveau de l'ESÉ(Agence spatiale européenne) et de l'ESO (Observatoire européen austral), nous participons aux discussions sur le futur télescope européen géant de 40 mètres (actuellement en construction dans les Andes chiliennes) ainsi que sur des projets prometteurs dans l'espace. »*

Après 2022, le PNR peut encore vivre une troisième phase, d'une durée de deux à quatre ans, qui doit servir de test en grandeur nature pour la mise en place du futur Institut suisse pour les sciences planétaires (SIPS pour *Swiss Institute for Planetary Sciences*) censé remplacer PlanetS lorsque la manne fédérale se tarira. *« L'idée consiste à organiser une structure qui puisse survivre à la fin du PNR*, précise Stéphane Udry. *Nous allons par exemple conserver certaines plateformes, grâce à la pérennisation des postes obtenus dans le cadre du PNR, tant au niveau scientifique que technique. Nous prévoyons de mettre en place une formation de base commune ainsi qu'un diplôme reconnu par l'ensemble des institutions participant au SIPS. L'institut pourra grandir à l'avenir, incluant peut-être le volet biologique que nous avons volontairement laissé de côté jusqu'à présent. »*

C'EST ALORS QUE LES CHOSES S'EMBALLENT. L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ SE TERMINE AU MOMENT MÊME OÙ LE FNS LANCE UN NOUVEL APPEL À PROJET POUR LES PÔLES DE RECHERCHE NATIONAUX

Pour agrandir leur consortium, ce qui est une des exigences des PNR, les promoteurs du futur PlanetS s'adressent à l'École polytechnique fédérale et à l'Université de Zurich. La première compte un spécialiste des disques protoplanétaires et la seconde dispose de compétences indispensables dans l'informatique appliquée au domaine des exoplanètes.

«*Il a quand même fallu trois tentatives avant qu'on obtienne le sésame*», déplore Stéphane Udry. L'échec de la première est dû à un projet jugé irréaliste par le FNS, à savoir le développement d'une approche basée sur l'interférométrie au sol et dans l'espace pour l'étude des exoplanètes. Censée être capable de distinguer directement la planète de l'étoile et même mesurer des traces d'éléments chimiques dans l'atmosphère planétaire, cette technologie fait alors l'objet de nombreux projets internationaux aussi bien terrestres que spatiaux. Elle n'en est toutefois qu'à ses débuts et paraît, en ces temps-là, trop difficile à réaliser.

Pour la deuxième tentative, les astronomes incluent dans leur projet une étude de faisabilité pour un satellite de fabrication suisse muni d'un instrument mesurant les transits des planètes devant leur étoile. Ce sera CHEOPS, dont le lancement est prévu en décembre de cette année.

«*Le nombre de planètes ne cessait d'augmenter*, se rappelle Stéphane Udry. *Il nous fallait un moyen de confirmer leur nature de planète et, surtout, de les caractériser avec le plus de précision possible.*»

Alors que leur projet est sélectionné parmi les 13 derniers (sur dix places disponibles), il n'est finalement pas retenu par le FNS en 2010. Reconnaissant cependant la valeur stratégique du projet spatial, le Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation décide de financer l'étude de faisabilité du satellite avec l'aide de Ruag, une entreprise suisse active dans l'aérospatiale et la défense.

C'est alors que les choses s'emballent un peu. L'étude de faisabilité se termine en effet au moment même où le FNS lance un nouvel appel à projet pour les Pôles de recherche nationaux. L'Agence spatiale européenne (ESA) choisit la même période pour lancer les toutes nouvelles missions S (pour *small*) dans son programme *Cosmis Vision*, c'est-à-dire des missions spatiales plus petites, au budget limité à 150 millions de francs et bénéficiant d'un développement très rapide. Une catégorie dans laquelle entrerait parfaitement CHEOPS.

«*Nous avons finalement tout obtenu*, se réjouit Stéphane Udry. *En juin 2014, le PNR PlanetS a officiellement débuté. CHEOPS a été choisi par l'ESA, parmi plus de 50 propositions, et sera, dans quelques jours, la première mission S à être lancée.*» L'exploitation scientifique de CHEOPS, quant à elle, est assurée au niveau suisse par le PNR PlanetS.

Dotée d'un budget de 16,6 millions de francs pour quatre ans, la première phase du PNR s'est terminée en 2018, laissant la place à la deuxième qui s'étend de 2018 à 2022. Avec un financement en légère hausse, cette dernière compte 24 projets de recherche, regroupés en trois domaines principaux: les premières étapes de la formation des systèmes planétaires; l'architecture, la formation et l'évolution des systèmes planétaires; l'atmosphère, la surface et l'intérieur des planètes extrasolaires. Un quatrième domaine a été créé, comme bonus. Il s'agit de «Frontières de l'habitabilité», c'est-à-dire le domaine le plus populaire des exoplanètes et voué à la détection de la vie ailleurs que sur Terre.

Le Pôle PlanetS est traversé horizontalement par des plateformes habituelles aux PNR que sont la communication, les transferts de technologie et les aspects académiques de formation et de promotion de carrière (notamment des jeunes et des femmes). PlanetS compte aussi deux plateformes qui lui sont propres, à savoir Cheops, qui rassemble des postes scientifiques pour l'exploitation des données du satellite, et DACE (*Data and Analysis Center for Exoplanets*), une plateforme d'échange et de visualisation des données pour les exoplanètes.

Poids politique Le succès de PlanetS est mesurable non seulement par le nombre de découvertes et de publications mais aussi par son poids politique. «*Grâce à PlanetS, les astronomes suisses actifs dans ce secteur parlent d'une seule voix et ont une vision claire des objectifs à atteindre dans leur branche*, commente Stéphane Udry. *Au niveau de l'ESA et de l'ESO (Observatoire européen austral), nous participons aux discussions sur le futur télescope européen géant de 40 mètres (actuellement en construction dans les Andes chiliennes) ainsi que sur des projets prometteurs dans l'espace.*»

Après 2022, le PNR peut encore vivre une troisième phase, d'une durée de deux à quatre ans. Il est prévu qu'elle serve de test en grandeur nature pour la mise en place du futur Institut suisse pour les sciences planétaires (SIPS pour *Swiss Institute for Planetary Sciences*) qui devra remplacer PlanetS lorsque la manne fédérale se tarira.

«*L'idée consiste à organiser une structure qui puisse survivre à la fin du PNR*, explique Stéphane Udry. *Nous allons par exemple conserver certaines plateformes, grâce à la pérennisation des postes obtenus dans le cadre du PNR, tant au niveau scientifique que technique. Nous prévoyons de mettre en place une formation de base commune ainsi qu'un diplôme reconnu par l'ensemble des institutions participant au SIPS. L'institut pourra grandir à l'avenir, incluant peut-être le volet biologique que nous avons volontairement laissé de côté jusqu'à présent.*»

CHEOPS

Vue d'artiste du satellite de fabrication suisse

Budget: 100 millions de francs, dont 50 millions apportés par l'ESA, 30 par la Confédération helvétique et le reste par une dizaine d'autres pays européens.

Lancement: mi-décembre 2019 depuis Kourou en Guyane française.

Durée de la mission: trois ans et demi.

Centre opérationnel: Département d'astronomie (UNIGE).

Objectif: mesure de transits d'exoplanètes déjà détectées autour d'étoiles brillantes afin de les caractériser avec une haute précision (rayon, densité moyenne, composition...).

Chercheur principal: Willy Benz, professeur à l'Université de Berne.

Président du comité scientifique: Didier Queloz, professeur à l'Université de Genève et à Cambridge.

Yves Flückiger, recteur de l'Université de Genève, en compagnie de Michel Mayor, professeur honoraire à la Faculté des sciences lors de la cérémonie du « Dies academicus » de l'UNIGE le 11 octobre.

RETOMBÉES

« NOUS AVONS LA TÊTE DANS LES ÉTOILES »

YVES FLÜCKIGER, RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE, REVIENT SUR L'EUPHORIE QUI A SUIVI L'ANNONCE DU PRIX NOBEL DE PHYSIQUE 2019. UNE RÉCOMPENSE QUI HONORE DEUX CHERCHEURS GENEVOIS MAIS AUSSI L'INSTITUTION QU'IL DIRIGE.

« *Nous avons la tête dans les étoiles mais les pieds bien sur Terre.* » Yves Flückiger, recteur de l'UNIGE, ne cache pas sa joie à l'annonce du prix Nobel de physique 2019 obtenu par les professeurs Michel Mayor et Didier Queloz. Son souhait le plus cher est que la vague positive provoquée par cette nouvelle déferle encore longtemps sur l'institution qu'il dirige.

« *Pour une université aussi polyvalente que celle de Genève, cet événement a un pouvoir fédérateur très puissant*, commente-t-il. *Collaborateurs, collaboratrices, étudiantes ou étudiants, ils sont nombreux à me confier leur fierté d'appartenir à la même institution que les deux lauréats. Ce sentiment d'appartenance compte beaucoup pour moi. Nous essayons d'ailleurs de l'entretenir sans cesse par des manifestations que nous organisons tout au long de l'année ou en identifiant les bâtiments dispersés dans la ville comme faisant tous clairement partie de l'UNIGE et de son campus urbain. Mais rien ne vaut un prix Nobel pour enthousiasmer et mobiliser notre communauté.* »

UNE FOIS N'EST PAS COUTUME, CETTE LIVRÉE DU NOBEL DE PHYSIQUE RÉCOMPENSE UN PROFESSEUR EN MÊME TEMPS QUE SON DOCTORANT DE L'ÉPOQUE

Confiance Cette distinction octroyée par l'Académie royale des sciences de Suède récompense aussi de fait le travail et la politique des institutions qui ont hébergé et financé les recherches des deux lauréats, à savoir l'Université de Genève et le Fonds national de la recherche scientifique, qui ont fait confiance à un programme de recherche dont elles ne savaient pas s'il allait aboutir un jour.

« *Ce genre de recherches ne peuvent être financées que par des fonds publics*, remarque Yves Flückiger. *L'investissement qui a commencé dans les années 1970 a en effet mis des décennies avant de porter ses fruits. C'est beaucoup trop long et risqué pour le secteur privé, beaucoup plus orienté vers la recherche appliquée susceptible d'apporter des résultats sur un relativement court terme.* »

Une fois n'est pas coutume, cette livrée du Nobel de physique récompense un professeur en même temps que son doctorant de l'époque. Une image qui a tout pour plaire au recteur de l'UNIGE puisqu'elle véhicule le symbole d'une relève réussie, seule garante véritable du développement à long terme de l'alma mater.

Tout aussi essentielle est la reconnaissance internationale qu'apporte ce double prix Nobel. Cette récompense si prisée suit de près la médaille Fields décernée en 2010 à Stanislav Smirnov, professeur à la Section de mathématiques (Faculté des sciences). Et elle va sans doute faire gagner quelques places supplémentaires à l'UNIGE dans les classements internationaux tels que celui de Shanghai.

« *Nous sommes à la 58e place actuellement, 2e au niveau suisse, derrière l'École polytechnique fédérale de Zurich*, note Yves Flückiger. *J'espère que l'UNIGE gagnera plusieurs rangs l'année prochaine. Cela dit, ce n'est pas un objectif en soi. Je considère notre progression dans les* rankings *comme un des résultats de notre stratégie à long terme visant à offrir à nos collaboratrices et collaborateurs, à nos étudiants et étudiantes les meilleures conditions de travail possible et à miser sur la qualité de la recherche et de l'enseignement, toutes facultés confondues.* »

L'un des objectifs de cette stratégie consiste à attirer et à fidéliser les chercheurs prometteurs parfois courtisés par des universités de renom, souvent anglo-saxonnes, dont les ressources matérielles sont de loin supérieures à celles

UNIGE

de l'UNIGE. Cette politique remporte un certain succès comme l'illustre Didier Queloz lui-même. Recruté par l'Université de Cambridge qui lui a proposé de construire presque de zéro un Département dédié à la recherche des planètes extrasolaires, il a accepté de traverser la Manche mais a tenu à garder un pourcentage d'activités à l'UNIGE.

Pouvoir d'attraction Le prix Nobel renforcera ce pouvoir d'attraction de l'UNIGE non seulement auprès des chercheuses et chercheurs, mais aussi aux yeux des étudiants du monde entier. « *Une croissance qu'il faudra gérer au mieux car nous avons déjà vécu une augmentation très forte de l'effectif estudiantin cette année (4,5%)*, rappelle le recteur. *Et nous voulons offrir de bonnes conditions d'études en termes de places dans les auditoires, d'accès aux enseignants, de logements, etc.* »
Yves Flückiger insiste enfin sur la nécessité que l'effet d'entraînement dû au prix Nobel bénéficie à l'ensemble de la communauté de l'UNIGE, et pas seulement aux sciences naturelles valorisées par cette récompense et par les *rankings* internationaux. Il est essentiel de préserver le caractère polyvalent de l'institution et de continuer à se battre pour défendre toutes les disciplines.
« *Ce n'est qu'en cultivant l'excellence dans l'ensemble des facultés de l'UNIGE que l'on peut faire surgir dans ses rangs une force interdisciplinaire capable d'affronter les plus grands défis du monde actuel que sont par exemple les bouleversements environnementaux ou les révolutions numériques de la société*, précise-t-il. *Ces thèmes sont complexes et demandent souvent des regards multiples et pas seulement techniques ou technologiques. Cela ne peut se faire que dans le cadre d'une université polyvalente telle que celle de Genève, qui est d'ailleurs la dernière de la sorte en Suisse romande.* »
Quant aux éventuelles retombées politiques et financières du prix Nobel, nerf de la guerre, il est encore trop tôt pour en prendre la mesure. Une telle récompense au poids médiatique certain est aussi une fierté pour les collectivités locales et nationales qui investissent des montants importants pour soutenir le développement de l'université et de l'enseignement genevois en général.

ALAMY

PHILOSOPHIE

DE LA SOLITUDE DE L'HUMANITÉ DANS UN UNIVERS PLUS PEUPLÉ QUE JAMAIS

APRÈS COPERNIC ET NEWTON, LA DÉCOUVERTE DE LA PREMIÈRE PLANÈTE SITUÉE EN DEHORS DU SYSTÈME SOLAIRE A FAIT DE **L'HOMME UNE POUSSIÈRE DANS L'IMMENSITÉ DE L'UNIVERS**. RETOUR SUR CET ULTIME DÉCENTREMENT QUI POURRAIT AIDER L'HUMANITÉ À ENTRER DANS L'ÂGE ADULTE.

Toutes les civilisations ont un jour levé les yeux vers le ciel pour y chercher « quelque chose » ou « quelqu'un d'autre ». D'abord des dieux, puis un seul. Ensuite d'autres planètes, d'autres étoiles et, enfin, d'autres Terre. Au fil de cette quête – qui a pris un tour nouveau avec la découverte de 51 Pegasi b –, l'espèce humaine a chuté du piédestal qu'elle s'était elle-même construit comme on dégringole d'une échelle. Alors que l'homme se voyait en maître tout-puissant d'une planète créée pour répondre à ses besoins et placée au centre de l'Univers, Copernic a scié le premier barreau avant que Galilée n'achève de le rompre. Puis sont venus Kepler, Newton, Darwin, Einstein et consorts, réduisant notre condition à celle d'un animal soumis comme tous les autres aux seules lois de la physique et de la biologie et perdus dans l'immensité de l'espace. L'arrivée de Michel Mayor et Didier Queloz nous projette dans un univers où les mondes n'ont jamais été aussi nombreux tout en condamnant l'humain à rester seul sur le sien. Un paradoxe qui, selon Christian Wüthrich, professeur associé de philosophie des sciences à la Faculté des lettres, est peut-être notre meilleure chance d'assurer la survie de l'espèce. Entretien.

Campus : Comment le philosophe que vous êtes a-t-il reçu la nouvelle de l'attribution du prix Nobel de physique 2019 à Michel Mayor et Didier Queloz ?

Christian Wüthrich : Je ne suis pas le premier ni le seul à le dire mais la découverte de la première planète située en dehors du système solaire restera une date marquante dans l'histoire des sciences. C'est un événement comparable à la découverte des lunes de Jupiter par Galilée en 1610. À cette différence près qu'il ne s'agit plus de contester le statut unique de la Terre en tant que planète, mais d'admettre qu'il existe potentiellement une infinité de corps célestes disposant de caractéristiques comparables.

Des milliards d'étoiles, sans doute autant de planètes, peut-être même d'autres univers, et personne à qui parler.

« IL NOUS FAUT DONC TROUVER DU SENS À L'EXISTENCE ICI ET MAINTENANT, SUR LA PLANÈTE QUI EST LA NÔTRE »

Quelles sont les implications philosophiques de ce changement d'échelle ?
Dès lors que l'on admet que l'Univers est infini, ou seulement très vaste, et qu'il est peuplé d'un nombre gigantesque d'étoiles autour desquelles tourne un nombre encore plus élevé de planètes, il n'y a plus aucune raison, d'un point de vue scientifique, de douter du fait que les conditions qui ont permis l'émergence puis le développement de la vie sur Terre soient remplies ailleurs. Un fait qui a deux conséquences majeures.

Lesquelles ?
La première, c'est qu'hormis pour des motifs d'ordre religieux, nous n'avons plus aucune raison de croire que l'espèce humaine a un rôle spécial sur le plan cosmologique et une destinée universelle. Il nous faut donc trouver du sens à l'existence ici et maintenant, sur la planète qui est la nôtre en faisant fi des grands récits fondateurs qui nous dispensaient jusque-là de nous poser trop de questions sur notre devenir.

Et la seconde ?
Si on sait aujourd'hui qu'il existe très certainement d'autres mondes dans l'Univers, on sait aussi que les chances de pouvoir un jour entrer en contact avec une forme de vie sophistiquée sont quasiment inexistantes. Autrement dit : si l'Univers n'a jamais été aussi peuplé, nous n'avons jamais été aussi seuls.

Que construire sur la base de ce constat, somme toute, assez déprimant ?
C'est peut-être pour l'humanité l'occasion de rentrer enfin dans l'âge adulte. À l'image de ce que font les enfants, l'espèce humaine s'est longtemps comportée de façon très égocentrique. En grandissant, elle s'est peu à peu rendu compte qu'elle ne constituait pas le centre du monde et qu'elle ne pouvait pas agir impunément sans tenir compte de l'environnement qui l'entourait. Aujourd'hui, il est temps de maîtriser nos pulsions et de prendre nos responsabilités, ce qui, en théorie, est le propre de l'âge adulte. Sans quoi, nous finirons par détruire notre planète, ce qui est malheureusement une possibilité très réelle, avec comme seule consolation le fait de savoir qu'il ne s'agit que d'une infime partie de tous les mondes qui existent.

À ce propos, il semble que les exoplanètes ne constituent pas les seuls autres mondes envisageables du point de vue de la physique…
Une interprétation de la mécanique quantique postule en effet l'existence de multiples mondes – des Univers en réalité – qui seraient en quelque sorte parallèles au nôtre mais avec lesquels il serait, là encore, impossible d'entrer en contact. Une autre théorie repose sur l'idée que le mécanisme ayant donné naissance à notre Univers a continué à fonctionner produisant une multitude d'Univers à l'intérieur desquels les lois fondamentales de la physique répondraient à d'autres règles que celles que l'on connaît. Même si elle est très difficile – voire impossible – à vérifier de manière expérimentale, cette théorie des « multivers » est, à ce jour, la façon qui semble la plus populaire d'expliquer ce que nous observons.

En mai 2020, vous avez prévu de consacrer un colloque à une ultime forme d'autres mondes, celle des « mondes possibles ». Que recouvre ce concept ?
Il s'agit d'un outil d'analyse sémantique développé par Leibniz et repris durant le XXe siècle par des philosophes comme Saul Kripke et surtout David Lewis. Il fait référence à des mondes qui, normalement, ne sont pas considérés comme ayant une existence physique ou matérielle mais qui permettent d'interroger des notions telles que la possibilité, la nécessité ou encore la contingence.