

# Astrotech

## Un nouveau complexe pour traquer les exoplanètes

[unige.ch/-/astrotech](http://unige.ch/-/astrotech)



Maquette 3D du bâtiment

- Le bâtiment permettra la construction d'ESPRESSO, un spectrographe capable de détecter des planètes de masse équivalente à celle de la Terre
- La salle blanche de 210 m<sup>2</sup> classée ISO-7 figure parmi les plus grandes de sa catégorie en Suisse



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE



L'Université de Genève remercie chaleureusement les autorités du canton de Genève, ainsi que la Confédération suisse, qui lui ont permis la construction de ce nouveau bâtiment pour le Département d'astronomie, l'un des fleurons de notre Université.

L'instrumentation astronomique étant de plus en plus complexe et de grande taille, ce bâtiment était devenu indispensable pour permettre au Département de maintenir son excellence scientifique.

Si la découverte de la première exoplanète par Michel Mayor et Didier Queloz en 1995 a constitué un événement majeur dans l'histoire de l'astronomie et placé l'Université de Genève comme leader mondial de ce domaine, il est important de souligner que la renommée internationale de l'astronomie genevoise s'étend aussi aux autres domaines que sont la physique stellaire, la dynamique et l'évolution des galaxies, la cosmologie observationnelle ou encore l'astrophysique des hautes énergies.

Les activités de notre Département d'astronomie, fort de cette reconnaissance scientifique sur la scène internationale, ont pris un essor important ces dernières années. Il s'est vu ainsi confier la responsabilité du développement d'instruments sophistiqués tant par l'Agence spatiale européenne (ESA) que par l'Observatoire européen austral (ESO). De plus, la Confédération suisse a choisi le projet PlanetS, codirigé par les universités de Berne et Genève, comme Pôle de recherche national.

Avec ces développements, il était devenu indispensable de faire évoluer l'infrastructure du Département. Ainsi ce nouveau bâtiment, équipé notamment d'une salle blanche, lui permettra d'accueillir ses projets ambitieux dans des conditions de travail propres aux technologies de pointe du domaine. Il contribuera ainsi au rayonnement de l'astronomie genevoise, et donc de Genève, sur la scène internationale.

Yves Flückiger, *recteur*



L'Observatoire astronomique de l'UNIGE s'agrandit sur son site de Sauverny. Son nouveau bâtiment «Astrotech», inauguré le 27 juin 2016, est dédié à la recherche et à la technologie de pointe. Depuis la découverte de la première exoplanète en 1995, le Département d'astronomie a solidement conforté sa position de leader dans la recherche en astrophysique. Cette nouvelle structure lui permettra de continuer à répondre aux sollicitations internationales et de maintenir son excellence dans ce domaine. Retour sur l'histoire de la quête de nouveaux mondes.

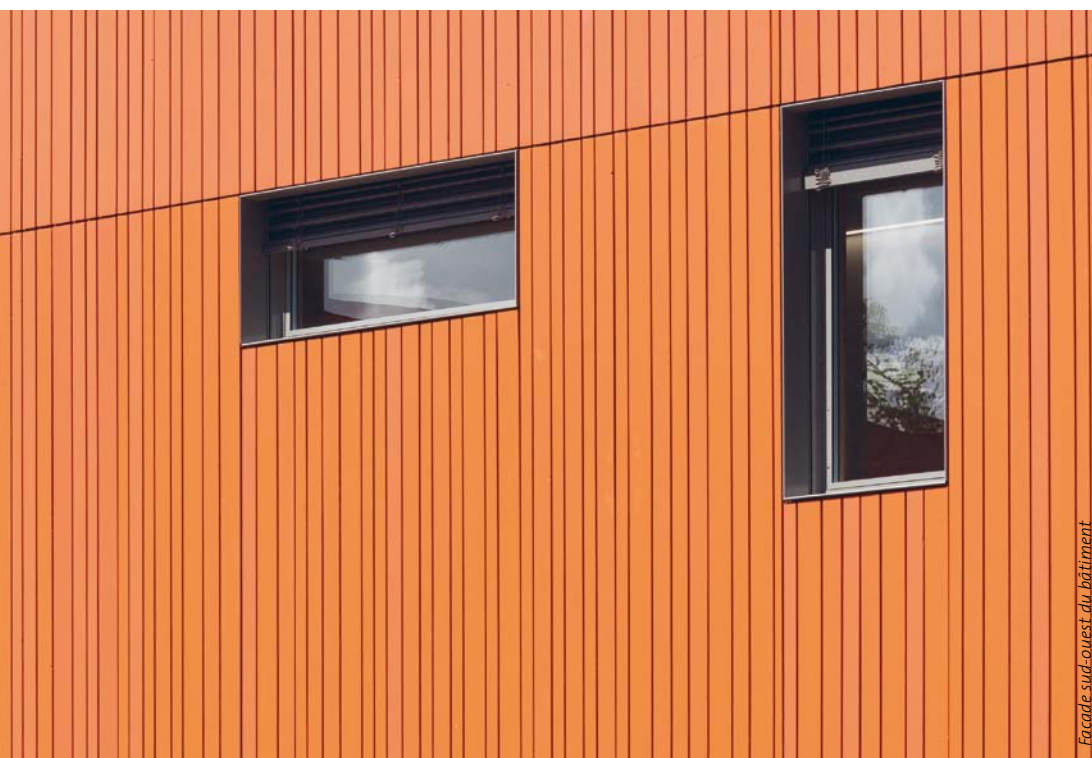
6 octobre 1995, le monde est stupéfait par une annonce exceptionnelle: il existe d'autres planètes que celles du système solaire dans notre galaxie. Cette découverte faite par Michel Mayor et Didier Queloz, deux astronomes de l'Université de Genève, va profondément modifier le paysage de l'astronomie (*lire p. 4-5*). Elle a été possible grâce à CORAVEL, un spectrographe conçu par Michel Mayor. Le professeur assure que «tout a commencé le jour où un collègue m'a demandé de confirmer l'existence d'un objet de masse équivalente à 11 Jupiter, qui tournait autour de son étoile en 84 jours, ce que nous avons réussi avec CORAVEL. Je me suis dit qu'avec un instrument plus perfectionné, nous devrions arriver à détecter des planètes.» Michel Mayor s'attelle dès lors à la construction d'ELODIE, un appareil révolutionnaire tant par sa conception (c'est la première fois qu'une caméra électronique et une fibre optique étaient utilisées sur ce genre d'appareil) que par sa méthode d'analyse, et découvre, avec son collègue, 51 Peg b, la première exoplanète.

## Améliorer les performances

Pendant douze ans, ELODIE fonctionne à merveille et l'instrument permet la découverte d'une vingtaine d'exoplanètes. L'histoire aurait pu en rester là. Mais conscients de disposer d'un savoir-faire et d'une expérience hors du commun et uniques au monde, les chercheurs de Genève mettent en chantier le spectrographe CORALIE, le petit frère d'ELODIE, dédié à l'observation du ciel de l'hémisphère Sud. Bénéficiant des dernières avancées technologiques, sa précision permet de déterminer la masse de planètes comparables à Neptune ou Uranus (soit environ 15 fois la Terre). Mis en service en 1998, CORALIE a découvert à ce jour une cinquantaine de planètes.

Dans la foulée, les chercheurs de l'UNIGE se voient confier la construction de HARPS par l'Observatoire européen austral (ESO). Ce spectrographe de mesure de vitesses radiales de haute précision peut détecter des super-Terre, soit des planètes dont la masse est équivalente à cinq fois celle de la Terre. En 2003, il est installé à La Silla, au Chili. Le succès est immédiat et l'instrument, dont la précision reste inégalée treize ans après son installation, permet alors la découverte de près de 130 planètes.

# pour mieux comprendre le cosmos



Façade sud-ouest du bâtiment

## Des remparts de la Vieille-Ville aux bois de Sauvigny

A partir de la moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle, la ville de Genève s'agrandit. Des relevés météorologiques deviennent alors nécessaires pour optimiser les récoltes. Par ailleurs, l'essor de l'industrie horlogère exige une détermination précise du temps par un service de chronométrie. C'est ainsi que, sous l'impulsion de Jacques-André Mallet, le premier observatoire de Suisse, dédié à la chronométrie, à l'astronomie et à la météorologie, voit le jour en 1772 sur le bastion de Saint-Antoine.

Cinquante ans plus tard, l'édifice menace de tomber en ruine. Un nouveau bâtiment, conçu par Guillaume Henri Dufour, est réalisé en 1830. La tour et la grande lunette équatoriale, offertes par Emile Plantamour en 1878, marqueront le début de l'astrophysique à Genève.

Avec l'édification du Musée d'art et d'histoire en 1910, l'Observatoire devient «une verrue architecturale» qu'il convient de déplacer. Après de longues réflexions, la station météo est transférée à Cointrin et le service chronométrique déplacé à Neuchâtel. Quant à l'activité astronomique, elle doit s'effectuer loin des lumières de la ville. C'est le site de Sauvigny qui est choisi. L'Observatoire y est inauguré en 1966, sous l'impulsion de Marcel Golay, son directeur. Suivront une annexe pour le stockage (1977), une extension pour accueillir le laboratoire d'astrophysique de l'EPFL (1986), une halle de montage (1992) et une extension sur le site d'Ecogia (1995). En parallèle, une station suisse est installée en 1964 à l'Observatoire de Haute-Provence, puis les recherches se poursuivent en d'autres lieux, choisis pour leur transparence atmosphérique, au Gornegrat, au Jungfraujoch, aux Canaries en Espagne, et enfin au Chili, dans le cadre de l'Observatoire européen à La Silla, où les Genevois possèdent leur propre télescope depuis 1975.



Vieille-Ville de Genève, 1878

HARPS n'ayant toutefois d'yeux que pour le ciel de l'hémisphère Sud, les chercheurs, scientifiques et techniciens de l'UNIGE construisent une copie de HARPS pour les chasseurs de planètes du ciel de l'hémisphère Nord. Celui-ci a ensuite été installé sur le télescope italien situé à l'Observatoire de Roque de los Muchachos sur l'île de La Palma dans les Canaries.

## Appel d'offres européen

Devant le succès de ces spectrographes, l'ESO lance, en 2008, un appel d'offres pour construire un appareil capable de mesurer des masses de planètes aussi petites que la Terre. L'expérience acquise par les astronomes de l'UNIGE joue une fois de plus en leur faveur et c'est un consortium dirigé par les chercheurs genevois qui obtient, en 2010, le mandat ESPRESSO.

L'Observatoire, dont les bâtiments datent de 1966 (*lire encadré*), ne pouvait pas relever un tel défi sans une infrastructure adéquate pour la construction d'un tel instrument. C'est pourquoi, fin 2014, démarre la construction d'Astrotech, un bâtiment notamment doté d'une salle blanche de 210 m<sup>2</sup> (*lire p. 8*). Une fois qu'ESPRESSO aura été installé au Chili en 2017, le bâtiment accueillera un nouveau pensionnaire, NIRPS, le successeur de HARPS. Si l'avenir proche semble assuré, les astronomes de Genève songent déjà à HIREs, un instrument aux ambitions extrêmes, qui sera installé sur le futur télescope de l'ESO, un géant de 40 mètres de diamètre.



Salle blanche

# La stupéfiante diversité des exoplanètes

Depuis vingt ans, les chasseurs de planètes vont de surprise en surprise. Leurs découvertes ont soulevé nombre de questions passionnantes, nécessitant l'intervention de plusieurs disciplines scientifiques. Un formidable essor qui n'est pas près de ralentir

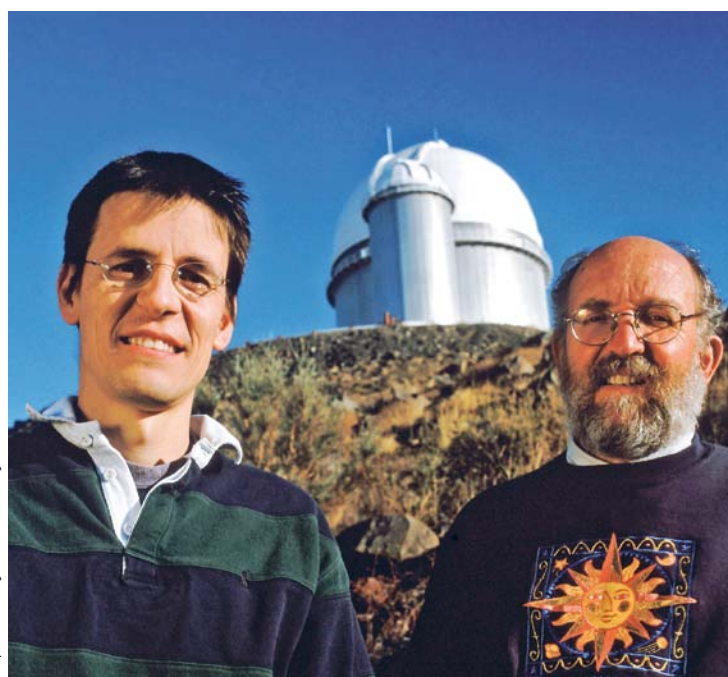
Octobre 1995, Florence, Italie. Même si la rumeur enfle, les incroyables restent nombreux. Et puis l'annonce tombe: deux astronomes suisses de l'Université de Genève ont découvert la première exoplanète, soit la première planète en orbite autour d'une étoile autre que le Soleil. L'étoile en question s'appelle 51 Pegasi. Et sa planète, 51 Pegasi b, selon les règles de nomenclature en vigueur chez les astrophysiciens.

Vingt ans plus tard, cette planète est devenue célèbre. Tout comme ses deux découvreurs, Michel Mayor et Didier Queloz. Le premier, en retraité actif, continue de sillonner la planète de conférences en congrès. Le second partage son temps entre une chaire à Cambridge en Grande-Bretagne et l'Université de Genève. Quant à 51 Peg b, l'Union astronomique internationale a accepté de lui donner un petit nom – Dimidium – comme elle l'a fait pour 300 exoplanètes connues.

Trois cents sur 3'300. Car c'est à peu près le chiffre qu'affiche aujourd'hui le compteur des exoplanètes annoncées. Alors que Michel Mayor et Didier Queloz menaient avec une poignée d'autres astrophysiciens américains et canadiens une recherche quasi confidentielle, le domaine des exoplanètes constitue aujourd'hui un domaine majeur de l'astrophysique, pour ne pas dire le plus dynamique.

## Et pourtant elle bouge

L'un des coups de génie de Michel Mayor et Didier Queloz fut assurément instrumental. S'inspirant des travaux d'un astrophysicien britannique, avec l'aide de spécialistes français en optique, ils ont mis au point le spectrographe ELODIE.



Stéphane Ludy et Michel Mayor

Ce détecteur n'avait pas la prétention de voir les exoplanètes. La chose est en effet quasi impossible. Une planète n'émet aucune lumière en propre. Elle ne fait que refléter une petite partie de celle qu'elle reçoit de son étoile. Et la différence entre les deux est énorme. C'est comme tenter d'observer une bougie posée à côté d'un phare à des kilomètres de distance.

Le spectrographe s'affranchit de ce problème en se fixant sur l'étoile. La lumière possède une nature ondulatoire. Quand une source lumineuse s'approche et s'éloigne d'un observateur, son spectre se décale alternativement vers le bleu et vers le rouge. Une variation impossible à déceler pour l'œil humain, mais pas pour un spectrographe capable de décomposer la lumière avec une rare efficacité.

Quand une planète orbite autour d'une étoile, elle la force par ailleurs à suivre un mouvement circulaire d'autant plus marqué qu'elle est massive. Ainsi l'exige la gravitation universelle. Ce mouvement se reflète dans les décalages vers le rouge et le bleu de l'étoile et ce sont eux que peut observer et quantifier un spectrographe dévolu à la méthode de détection dite des vitesses radiales. Voilà comment Michel Mayor et Didier Queloz ont détecté la planète 51 Peg b.

Et quelle planète! Une aberration selon les standards du système solaire où l'on constate que les planètes géantes gazeuses comme Jupiter et Saturne se situent loin de leur étoile, laissant la zone du proche voisinage aux petites planètes rocheuses du genre de Vénus et de la Terre. Rien à voir donc avec 51 Peg b, une géante gazeuse collée à son étoile puisqu'elle en fait le tour en seulement 4,2 jours...

Ce monstre n'en est plus un. Les archives exoplanétaires comptent aujourd'hui plusieurs centaines de jupiters chauds comme on les appelle désormais. Du coup, le système solaire et sa répartition planétaire «logique» ne constituent plus un universel. Vingt ans après la découverte de la première exoplanète, une évidence s'impose: malgré le fait qu'il repose sur quelques règles précises, le phénomène planétaire est capable de délivrer une palette de résultats d'une incroyable diversité.

## Quel caractère!

Les spécialistes l'admettent volontiers – et s'en réjouissent d'ailleurs – la découverte des exoplanètes a soulevé plus de questions qu'elle n'en a résolues. Il s'agit de mieux comprendre cette variété planétaire. Et pour cela, il est nécessaire non seulement de découvrir un grand nombre de ces objets mais aussi d'obtenir le plus de renseignements possible à leur sujet.

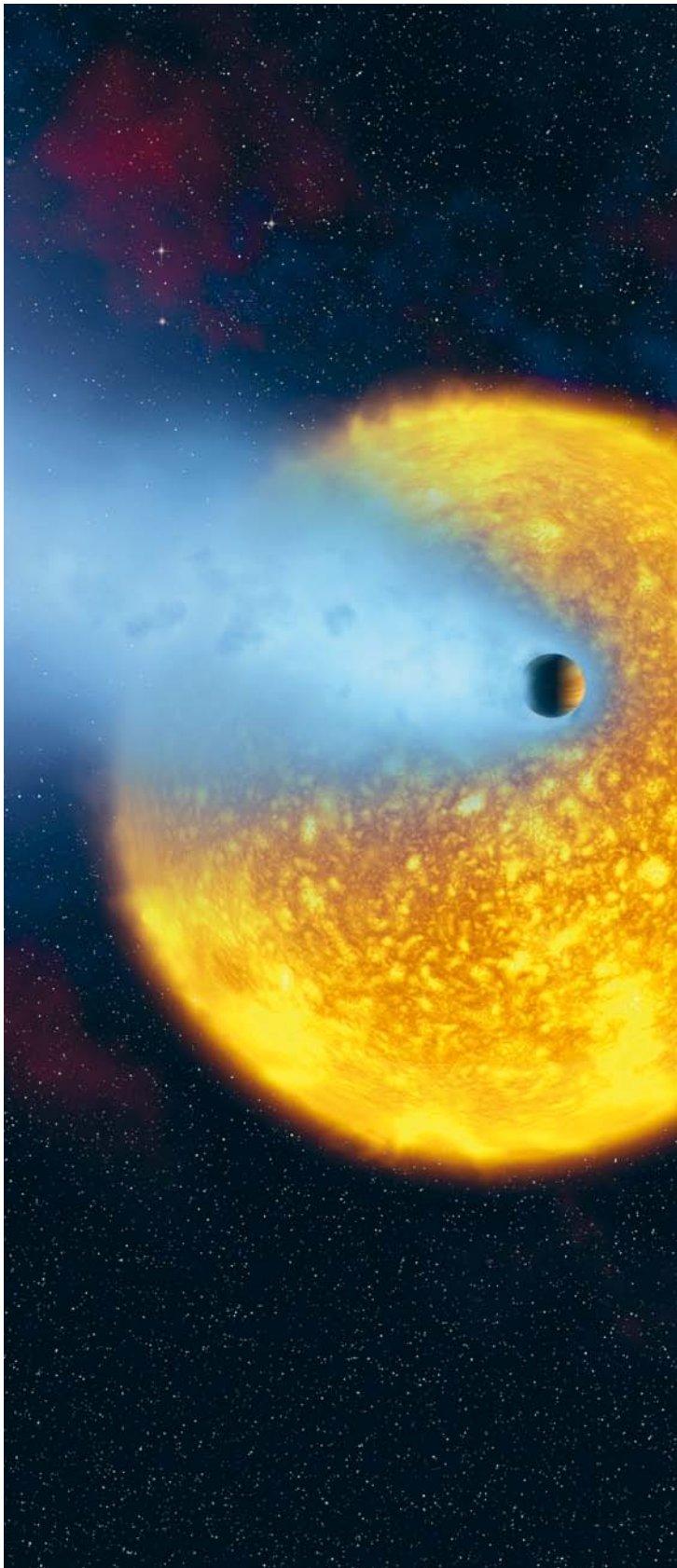
L'instrumentation joue ici un rôle primordial. Le spectrographe ELODIE a enfanté de nombreux rejetons, dont le plus doué s'appelle HARPS. Monté au foyer du télescope de 3,6 mètres de l'Observatoire européen austral (ESO) à La Silla au Chili, cet instrument d'une sensibilité exceptionnelle permet de découvrir des planètes rocheuses légères et non plus seulement des géantes gazeuses.

Non seulement les spectrographes ont radicalement monté en sensibilité et vont continuer de le faire, mais ils ont reçu le soutien d'une nouvelle méthode de détection, dite des transits. Plus question ici de détecter l'éventuel mouvement circulaire des étoiles, mais d'enregistrer la subtile baisse de luminosité qu'elles subissent quand l'une de leurs planètes passe entre elle et l'observateur sur Terre. Une éclipse en somme.

Pour les plus petites planètes, cette approche ne peut être confiée à des télescopes au sol. L'instabilité atmosphérique terrestre dégrade les mesures. La solution, c'est l'espace. La méthode des transits appliquée aux petites planètes est une affaire de satellites comme le franco-européen CoRoT, l'américain Kepler ou encore, en 2017, le «suisse» CHEOPS développé en partenariat avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et divers instituts européens.

La richesse de la moisson de transits amorcée depuis le début des années 2000 s'est révélée d'une grande valeur pour les planétologues. En effet, alors que la méthode des vitesses radiales peut révéler la masse des planètes qu'elle découvre, celle des transits révèle leur taille.

En croisant les deux méthodes, on peut alors obtenir la densité d'une planète qui met en jeu sa masse et sa taille. Une information essentielle pour mieux connaître la structure et la composition interne de ces objets. C'est là l'un des objectifs principaux des chercheurs aujourd'hui: caractériser les exoplanètes. Autrement dit: tout connaître d'elles. Ou du moins le plus possible.



Vue d'artiste de HD 209458 b

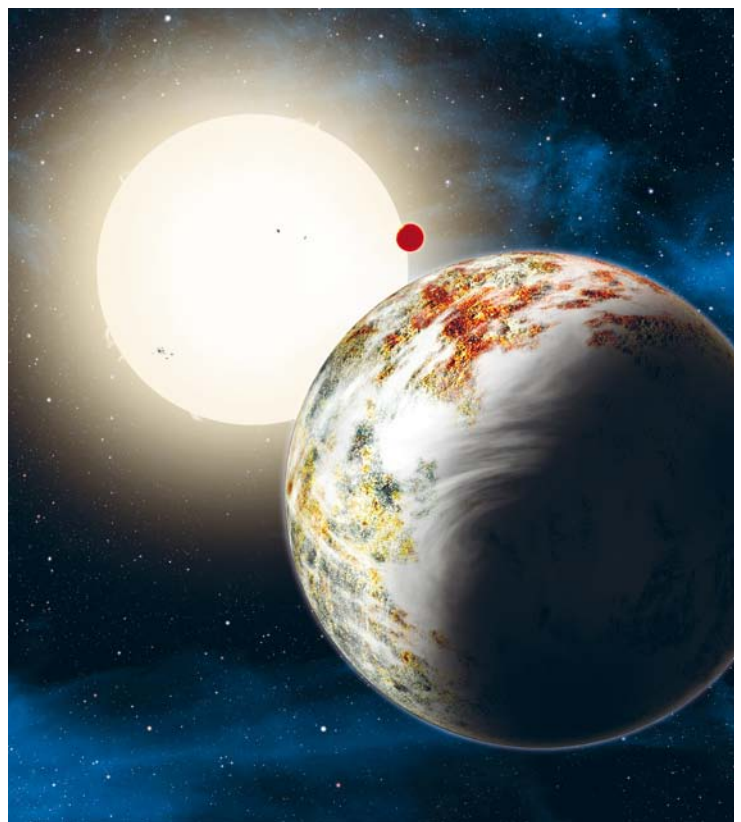
## Atmosphère, atmosphère!

Ce travail de caractérisation a abouti à une nouvelle typologie planétaire. On parle de super-Terre ou encore de mini-Neptune. Il est question de planètes de diamant, de planètes de lave, de planètes vaporeuses ou encore de planètes océans. Cette diversité vaut surtout pour les systèmes exoplanétaires car, à ce jour, aucun de ceux qui ont été découverts ne ressemble au système solaire. Certaines configurations laissent même sans voix, comme le système avec cinq planètes rocheuses dans des orbites inférieures à celles de notre Mercure ou cette planète qui tourne autour de deux soleils.

L'un des axes majeurs de la caractérisation des planètes concerne l'analyse des atmosphères exoplanétaires. Ce tour de force est rendu possible par le fait qu'une partie des rayons lumineux d'une étoile traverse l'atmosphère des planètes, si elles en ont une. On peut parfois capter ces signaux lors de l'observation d'un transit. En comparant les rayons lumineux qui ont traversé l'atmosphère de l'exoplanète avec ceux de l'étoile qui n'ont rencontré aucun obstacle, on peut dresser un spectre atmosphérique et ainsi déterminer les éléments chimiques présents.

## A la vie

Cet exploit a déjà été réalisé avec certaines molécules et surtout pour les planètes géantes gazeuses. A l'avenir, les chasseurs de planètes espèrent pouvoir observer dans l'atmosphère ténue d'exoplanètes rocheuses ce qui, dans l'atmosphère terrestre, semble indispensable à la vie: l'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone. Les instruments capables de détecter ces molécules sont déjà à l'étude sur les tables de conception des ingénieurs. En attendant, ils réfléchissent à sélectionner les meilleures exoplanètes candidates à la détection de signes atmosphériques de vie. Le principal critère sera l'habitabilité, soit le fait qu'une planète se situe à la bonne distance de son étoile pour que l'eau liquide puisse exister à sa surface. L'eau est en effet le solvant essentiel à la chimie du carbone sur laquelle repose toute vie sur Terre. Et c'est bien ce genre de vie que chercheront les astrophysiciens pendant le XXI<sup>e</sup> siècle. Le seul genre de vie que l'on connaît. Le seul que l'on saura détecter. Peut-être.



Vue d'artiste de KEPLER 10 c

# «Au bout de cette route, il y a peut-être la vie»

Sélectionné par la Confédération, le Pôle de recherche national PlanetS – le «S» vaut pour Suisse – est codirigé par l'UNIGE et l'Université de Berne. Il consacre l'excellence helvétique dans le domaine des exoplanètes et a reçu une dotation de 17,6 millions de francs pour ses quatre premières années d'activité.

Astrotech accueillera les bureaux scientifiques du Pôle. Entretien avec son codirecteur, le professeur Stéphane Udry (Département d'astronomie, Faculté des sciences).

## Quelle est l'origine de PlanetS?

**Stéphane Udry:** On peut remonter, au début des années 2000, à l'origine des pôles de recherche nationaux (PRN). Nous, les chasseurs de planètes, avions déposé un dossier de candidature. Notre proposition consistait à faire avancer la connaissance pour développer un instrument capable d'observer les planètes directement, chose qui n'était pas possible avec les instruments existant alors. Notre intention était d'étudier la faisabilité d'un interféromètre spatial, autrement dit une flottille de télescopes spatiaux reliés les uns aux autres. Leur association nous permettait de jouer à volonté avec leurs ondes lumineuses. Ainsi, on pouvait penser à une configuration qui permettait en même temps «d'éteindre l'étoile» et amplifier la lumière des planètes. Cette technologie était faisable, elle a d'ailleurs été réalisée sur Terre, mais notre projet initial a peut-être été jugé trop avant-gardiste.

## C'est donc le PRN de la maturité qui a été adoubi par les autorités fédérales en 2013?

En quelque sorte oui. Notre science s'impose aujourd'hui comme un domaine phare de l'astrophysique moderne. Et c'est bien pour cela que les travaux de Michel Mayor et Didier Queloz méritent une reconnaissance profonde de toute la communauté astronomique. La découverte de 51 Peg b n'a pas juste été une turpitude scientifique tombée dans l'oubli. Le domaine des exoplanètes est aujourd'hui le plus dynamique et le plus attractif pour les jeunes chercheurs en astrophysique. J'éprouve énormément de respect pour les cosmologistes et leur travail sur l'évolution de l'Univers, mais les questions qu'ils posent restent très ciblées. Dans le domaine des planètes, les questions sont légion et concernent des disciplines très différentes: astrophysique, géologie, climatologie, chimie, biologie, etc. C'est probablement ce qui explique l'extraordinaire essor de ce champ

de recherche et la nécessité pour rester sur le devant de la scène d'allier au niveau suisse les forces de plusieurs hautes écoles dans le domaine de la planétologie au sens large: les universités de Genève, de Berne, de Zurich, l'EPFZ et l'EPFL.

## Quel est l'objectif de PlanetS, trouver une planète sœur de la Terre?

L'objectif de trouver une planète qui abrite la vie est dans l'esprit de tous ceux qui sont liés à la quête des exoplanètes. En cela, nous ne sommes pas différents des non-spécialistes. Nous rêvons tous de savoir s'il y a oui ou non de la vie ailleurs dans cet Univers. Ce n'est cependant pas le seul but de notre Pôle. La route est longue jusqu'à cette découverte et nous visons à assurer aussi les stations d'essence pour permettre d'y arriver.

## Comment?

De deux façons. Sur le plan scientifique tout d'abord. Avant de réussir un exploit, il faut acquérir de l'expérience et du savoir. Depuis la découverte de la première exoplanète il y a vingt ans, nous avons pris la mesure de l'extraordinaire diversité du phénomène planétaire. Il y a tellement de types d'objets dont nous ne soupçonnions pas l'existence à la seule étude du système solaire. Il nous faut maintenant mieux les comprendre, mieux les caractériser. C'est un travail pour les théoriciens comme pour les expérimentateurs, car c'est en confrontant théories et observations, bien souvent par l'entremise de modèles et de simulations, que nous progressons. C'est ainsi qu'au sein de ce Pôle nous visons à en apprendre toujours plus sur la formation des planètes, sur leur évolution dans le temps – tout comme celle de leur système – ainsi que sur leur densité, leur composition et leur atmosphère.

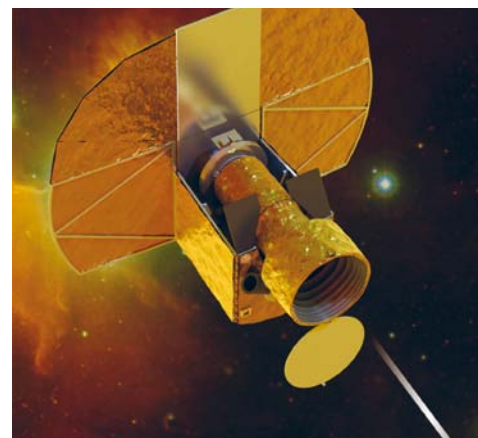
## Et la deuxième façon?

Il s'agit de développer une instrumentation de pointe nous permettant de réaliser nos buts les plus ambitieux. Il nous faut concevoir des détecteurs terrestres ou spatiaux toujours plus précis. C'est la raison pour laquelle notre nouveau bâtiment à Sauverny abrite une salle blanche permettant d'assembler et tester des instruments toujours plus grands ou plus complexes. Le PRN, et donc la Suisse, est partenaire avec l'ESA pour le développement d'un satellite dédié à la méthode des transits (*lire p. 4-5*). CHEOPS sera lancé mi-2018 et ses données seront traitées ici, à Sauverny, avant d'être redistribuées à la communauté exoplanètes. A côté de cela,

nous sommes très impliqués dans le développement d'ESPRESSO, un spectrographe qui sera placé au foyer incohérent des quatre télescopes géants du VLT au Chili, ce qui va nous permettre d'utiliser chacun de ces quatre télescopes selon leur disponibilité. Nous sommes également liés au projet TESS, un satellite de la NASA consacré aux transits planétaires, ainsi qu'à PLATO, la mission M3 de l'ESA qui sera lancée en 2025 et qui sera la mission ultime consacrée à l'étude des transits, car permettant la détection de planètes terrestres dans la zone habitable autour des étoiles observées. Quant à l'observation du système solaire, les membres de PlanetS participent de manière active à la mission JUNO qui va étudier l'atmosphère de Jupiter ou encore JUICE qui doit étudier les lunes de la plus grande planète de notre système solaire.

## Cette constitution en Pôle de recherche national renforce-t-elle l'image d'excellence de la Suisse en matière de recherche sur les exoplanètes?

Je le crois, oui. Aux Etats-Unis, nos compétiteurs commencent à prendre la mesure de la «force de frappe» de notre Pôle. En Chine également, on s'intéresse à notre structure, car son organisation permet d'augmenter significativement le retour scientifique de notre travail. On fait mieux en s'organisant, en se consultant, en tirant tous à la même corde. Si nous obtenons des fonds pour la durée maximale dévolue au Pôle (douze ans), nous espérons, à son terme, mettre en place un Swiss Planetary Science Institute qui profitera de l'effort investi, sur le plan de la science, des développements technologiques, de l'acquisition et de la gestion de données scientifiques, mais aussi au niveau d'un cursus académique en science planétaire ou de la promotion des femmes dans la recherche. Et qui sait, peut-être serons-nous les premiers à détecter de la vie ailleurs dans l'Univers...

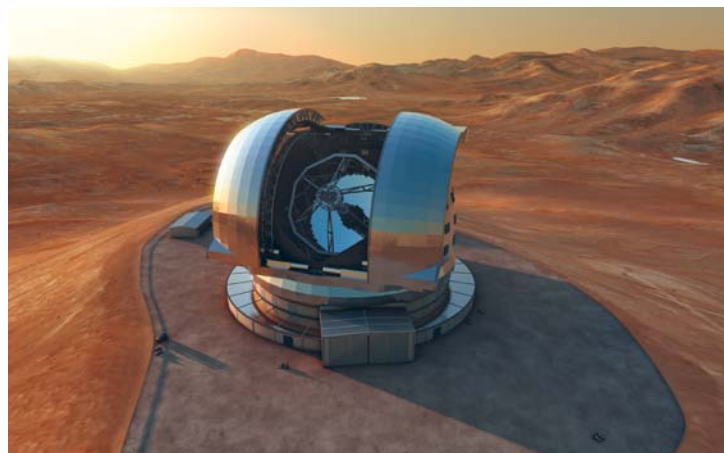


Vue d'artiste du satellite CHEOPS

# Un Observatoire à la pointe de l'astrophysique mondiale

Les recherches que les scientifiques de l'UNIGE mènent à l'Observatoire portent sur différents axes de l'astrophysique: systèmes exoplanétaires, formation des étoiles et évolution stellaire, galaxies et Univers, et, enfin, objets compacts et Univers chaud. Grâce aux compétences scientifiques et techniques des chercheurs, plus d'une centaine de travaux théoriques ou observationnels sont publiés chaque année reflétant l'excellence du Département d'astronomie. On notera, parmi les dernières découvertes réalisées, une galaxie compacte expulsant des photons responsables de l'ionisation de «l'après-Big Bang» et un nouveau système exoplanétaire exceptionnel dans Cassiopée, situé à peine à 21 années-lumière de notre système solaire.

Vue d'artiste d'un système planétaire



E-ELT (European Extremely Large Telescope)

## Planètes

La recherche de systèmes planétaires en orbite autour d'autres étoiles que notre Soleil représente l'une des grandes entreprises technologiques et philosophiques de notre temps. L'équipe d'astrophysiciens de l'UNIGE occupe une position exceptionnelle au sein de la communauté de chercheurs actifs dans le domaine de la détection et de la caractérisation des exoplanètes. Le grand défi est de découvrir une planète ressemblant à la Terre et se situant dans la «zone habitable», c'est-à-dire la région autour d'une étoile où l'eau peut se trouver à l'état liquide.

## Etoiles

L'étude de la formation et de l'évolution des étoiles est un champ de recherche clé pour toutes les questions majeures en astrophysique et en cosmologie, de l'étude des planètes à celle de l'Univers dans son ensemble, en passant par l'évolution de notre Soleil et des galaxies. Les modèles d'évolution stellaire calculés au Département d'astronomie reposent sur la physique la plus sophistiquée et la plus détaillée au monde. Ces modèles sont parmi les plus utilisés par la communauté astronomique.

## Astres compacts et Univers chaud

L'astrophysique des hautes énergies se caractérise principalement par l'étude des objets compacts (naines blanches, étoiles à neutrons et trous noirs) et l'analyse des phénomènes qui ont lieu à leur proximité. L'Integral Science Data Centre (ISDC) de l'UNIGE récolte et traite les données recueillies par le satellite INTEGRAL, lancé en 2002. Ces recherches se focalisent sur les mécanismes d'émission de jets ultra-relativistes émis par les trous noirs supermassifs et les sursauts gamma, ainsi que sur l'origine des rayons cosmiques d'extrêmement haute énergie et celle des champs magnétiques à très grande échelle dans l'Univers.

## Galaxies et Univers

Les questions sur l'origine, la formation et l'évolution des galaxies et de leurs constituants, ainsi que leurs interactions avec le «réseau cosmique» figurent parmi les thèmes fondamentaux de l'astrophysique contemporaine. Grâce à leurs travaux, les astronomes de l'UNIGE ont obtenu des résultats importants, allant de la formation de matière sombre dans les galaxies aux observations des premières étoiles dans l'Univers lointain, en passant par la découverte de sources de la réionisation cosmique avec le télescope spatial Hubble.

## Instruments

Depuis le début de l'astronomie moderne, l'instrumentation a joué un rôle clé. Aujourd'hui, il est quasiment impossible de réaliser de nouvelles découvertes sans un développement technologique adapté. En effet, les instruments d'observation nécessaires n'existent pas sur le marché et des prototypes doivent être construits. Les compétences et le savoir-faire acquis par les équipes de l'Observatoire dans ce domaine permettent à l'UNIGE d'apparaître comme un partenaire de premier plan pour les grandes agences internationales et d'occuper une place prépondérante dans le développement de nouveaux instruments de sol ou de satellites d'observation.



Squelette du spectrographe ESPRESSO

# Un bâtiment écologique et multifonctionnel

Devenue indispensable pour maintenir la notoriété internationale de l'Observatoire de l'UNIGE, la construction d'Astrotech permet de poursuivre le développement de nouveaux instruments de pointe, repoussant encore les limites de l'Univers. Réalisé dans un cadre naturel, le bâtiment bénéficie d'un concept d'implémentation qui limite au maximum l'impact environnemental, tout en s'intégrant de manière discrète et emblématique au caractère agricole et forestier du site: revêtement extérieur en bois, nombre réduit d'ouvertures dans les façades, triple vitrage, protections solaires extérieures, toiture végétalisée comme «cinquième façade» visible du ciel, récupération des eaux pluviales et puits de lumière naturelle.

## Innovations techniques

Outil de travail performant, Astrotech se veut aussi un ouvrage exemplaire en termes de besoins énergétiques (label Minergie-P) et d'innovations techniques. Ainsi, des technologies novatrices de pointe ont été utilisées, telles que le rafraîchissement par dessiccation ou l'installation d'un concentrateur solaire hybride convertissant l'énergie solaire en électricité et chaleur (rendements de l'ordre de 70% pour un coût inférieur aux panneaux photovoltaïques). De plus, la construction a été réalisée en utilisant des matériaux à faible contenu en énergie grise et émettant peu de CO<sub>2</sub>.

## Propreté maximale

Le bâtiment Astrotech contient un nouvel atelier mécanique de plus de 200 m<sup>2</sup>, de nombreux bureaux pour les chercheurs, mais surtout une salle blanche classée ISO-7. Cette norme de propreté exige que la concentration de poussières d'un demi-micron de diamètre reste inférieure à 352'000 particules par m<sup>3</sup>. La construction de cette salle se distingue, entre autres, par des contraintes très strictes pour la circulation et la pression d'air, les températures, l'hygrométrie, la lumière, les sas d'accès, etc. Dans cette pièce de 210 m<sup>2</sup> qui fait partie des plus grandes salles blanches de Suisse, les scientifiques pourront dorénavant assembler, directement à Genève, des instruments de technologie de pointe.

## Organisation du bâtiment

**Sous-sol:** magasin de stockage, atelier de serrurerie et locaux techniques.

**Rez-de-chaussée:** salle blanche et atelier de mécanique, profitant d'une double hauteur nécessaire pour les activités de montage et de fabrication des instruments.

**1<sup>er</sup> étage:** galerie vitrée de 65 m<sup>2</sup> offrant une vue plongeante sur la salle blanche et permettant aux chercheurs, étudiants ou visiteurs de suivre l'avancement des travaux sans perturber le niveau de propreté exigé.

**2<sup>e</sup> étage:** bureaux et salle de conférence.

**Toiture:** espace dédié aux télescopes pour les observations didactiques du ciel, permettant également la visite du concentrateur solaire.

**Extérieur:** couvert pour recevoir, à l'abri, les semi-remorques qui livrent les marchandises et transportent les instruments finis vers leur site d'exploitation.

## Astrotech en chiffres

**Coût total:** 17,5 millions de francs

**Surface utile:** 1'684 m<sup>2</sup>

**Surface brute de plancher:** 2'095 m<sup>2</sup> dont 630 m<sup>2</sup> de stockage, 750 m<sup>2</sup> de bureaux et 210 m<sup>2</sup> dédiés à la salle blanche

**Volume brut:** 13'116 m<sup>3</sup>

**Réalisation:** novembre 2014 – juin 2016

## Principaux intervenants

**Architecte et pilote:**  
S+M Architectes SA / Genève

**Ingénieur civil:**  
ZS Ingénieurs civils SA / Onex

**Ingénieurs techniques CVSE:**  
Amstein + Walthert SA / Genève

**Maître d'ouvrage:**  
Département des finances,  
Office des bâtiments,  
Direction des constructions

## Impressum

Université de Genève, juin 2016

Rédaction: Pierre Bratschi, Alexandra Charvet,  
Pierre-Yves Frei, Vincent Monnet

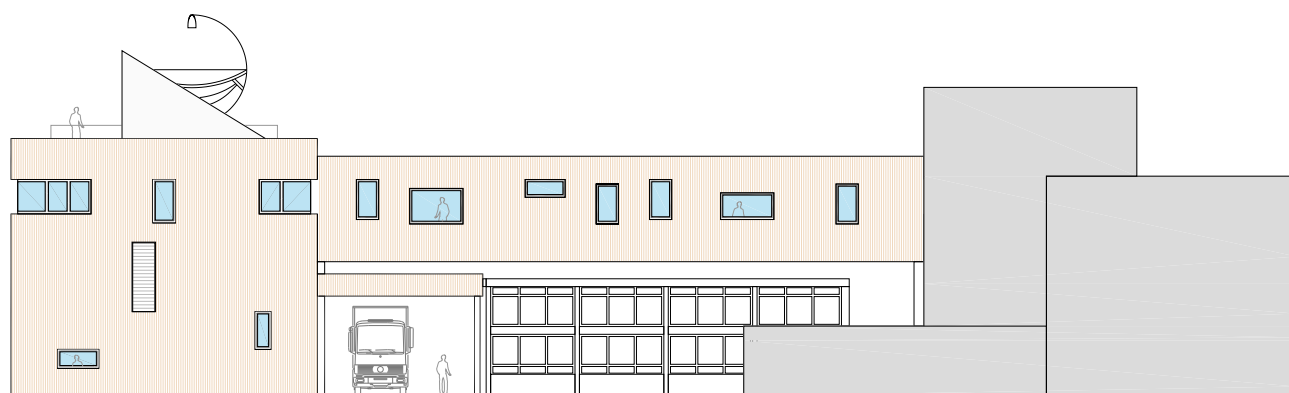
Photographies et illustrations: ESO, NASA, S+M Architectes, UNIGE

Correction: lepetitcorrecteur.com

Graphisme: Sébastien de Haller, Atelier 109, Genève

Impression: Atar Roto Presse SA, Vernier

Tirage: 2'000 exemplaires



Plan de la façade sud-ouest