

# NOBEL DE PHYSIQUE DEUX GENEVOIS SUR UNE AUTRE PLANÈTE



**P. 18 MICHEL MAYOR ET DIDIER QUELOZ**  
ONT REÇU LE PRIX NOBEL DE PHYSIQUE 2019  
POUR LA DÉCOUVERTE DE LA PREMIÈRE  
EXOPLANÈTE EN 1995. NOTRE DOSSIER.

# CAMPUS

**L'INVITÉ**  
STEVEN PINKER  
DANS LE MEILLEUR  
DES MONDES  
PAGE 42

**EXTRA-MUROS**  
DIX ÉTUDIANTS  
SUR LES CHEMINS  
DE XANADU  
PAGE 46

**TÊTE CHERCHEUSE**  
LA PASSE-MURAILLE  
DES HUMANITÉS  
DIGITALES  
PAGE 50



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

*Retrouvez  
votre  
Université  
sur les  
réseaux sociaux*



## ACTUS

### 09 ÉCONOMIE ET MANAGEMENT FAIRE DU PROFIT TOUT EN RESPECTANT LES DROITS HUMAINS

Première structure du genre dans une école de commerce européenne, le « Geneva Center for Business and Human Rights » a été inauguré le 25 novembre dernier. Entretien avec sa directrice, Dorothee Baumann-Pauly.

## RECHERCHE

### 10 GÉNÉTIQUE LES GÈNES DE LA CUISSON



La maîtrise du feu a-t-elle modifié le génome de l'espèce humaine? C'est ce que suggère une étude révélant qu'une famille de gènes, impliqués dans l'élimination de certaines toxines, a connu un destin différent chez les êtres humains et chez les grands singes.

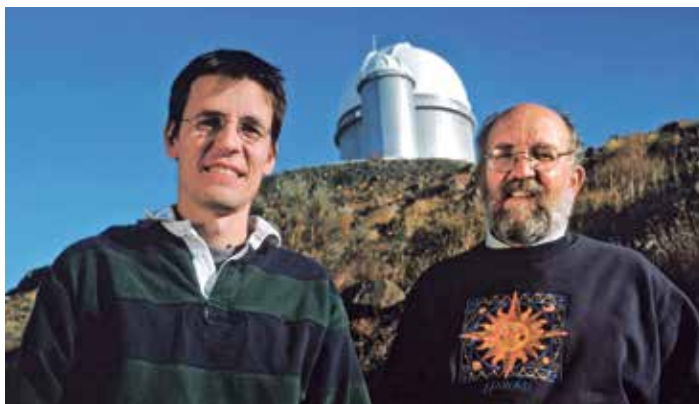
### 14 PSYCHOLOGIE LE PARTAGE EXPLIQUÉ PAR LE JEU



La mixité est-elle favorable au partage? C'est ce que suggèrent les résultats obtenus par les chercheurs du laboratoire du développement sensori-moteur, affectif et social dans le cadre d'une expérience basée sur le « jeu du Gruyère ».



# DOSSIER: DEUX GENEVOIS DÉCROCHENT LE PRIX NOBEL



### 16 «NOTRE CHANCE A ÉTÉ DOUBLE»

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.

### 24 LE PAPE DES AUTRES MONDES

Professeur honoraire de la Faculté des sciences depuis sa retraite en 2007, Michel Mayor a réalisé l'essentiel de sa carrière dans les murs de l'Observatoire de Genève.

### 25 PROFESSION: CHASSEUR DE TERRES

Recruté par l'Université de Cambridge en 2003 afin de créer un groupe de recherche sur les exoplanètes, Didier Queloz a été le premier à mesurer la densité d'une planète rocheuse hors du système solaire.

### 26 LES OUTILS D'UNE CONQUÊTE SCIENTIFIQUE

Sans leur instrument de mesure, les astrophysiciens ne seraient rien. Retour sur la lignée de spectrographes qui a contribué durant quarante ans à écrire la « success story » genevoise.

### 32 «HD 114762 AB» NE DÉTRÔNERA PAS «51 PEGB»

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 Pegb» de son statut de première planète extrasolaire.

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

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 création d'un Institut suisse pour les sciences planétaires.

### 40 SI SEULS DANS UN UNIVERS PLUS PLEIN 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.

Photo de couverture: vue d'artiste de l'étoile TRAPPIST-1 et deux de ses planètes / ESO

## RENDEZ-VOUS



### 42 L'INVITÉ «LE MONDE SE PORTE MIEUX. C'EST UN FAIT»

Steven Pinker, professeur de psychologie à Harvard, a donné cet automne une conférence intitulée « Pourquoi notre monde se porte mieux », dans le cadre de la remise des prix de la Fondation Latsis.



### 46 EXTRA-MUROS SUR LES CHEMINS DE XANADU

Dans le cadre de l'accord stratégique liant l'UNIGE et l'Université Renmin, en Chine, une dizaine d'étudiants sont partis cet été sur les traces de la capitale de Kubilai Khan.



### 50 TÊTE CHERCHEUSE «J'AI LONGTEMPS FUI LES MUSÉES»

Titulaire de la nouvelle chaire en humanités numériques de la Faculté des lettres, l'historienne de l'art contemporain Béatrice Joyeux-Prunel bouscule les habitudes de sa discipline.

### 54 À LIRE 56 THÈSES DE DOCTORAT

### Un physicien propose une solution à la pire prédiction en physique

**UN «ERC SYNERGY GRANT» POUR IVAN RODRIGUEZ ET ALAN CARLETON**



Un subside ERC Synergy a été attribué à Ivan Rodriguez, professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), et à Alan Carleton, professeur au Département de neurosciences fondamentales (Faculté de médecine). Ce financement est destiné à un projet commun visant à étudier le fonctionnement et dysfonctionnement du claustrum, une fine couche de matière grise cérébrale.

**URSULA CASSANI LAURÉATE DU GRAND PRIX WALTHER HUG**



Professeure de droit pénal (Faculté de droit), Ursula Cassani se voit distinguée par le grand prix Walther Hug 2019 pour « ses prestations scientifiques de haut niveau dans le domaine du droit et, en particulier, son rôle dans le discours scientifique en matière de droit pénal économique, les ponts construits entre le droit économique, la place financière suisse et le droit pénal, et la façon dont elle a su faire bénéficier de ses connaissances et de son expérience l'enseignement, la législation et la jurisprudence. »

La constante cosmologique, introduite il y a un siècle par Albert Einstein dans sa théorie de la relativité générale, est le poil à gratter des physiciens. L'écart entre la prédiction théorique de ce paramètre et sa mesure basée sur des observations astronomiques est de l'ordre de  $10^{121}$ . Sans surprise, cette estimation est considérée comme la pire de toute l'histoire de la physique. Dans un article paru le 10 octobre dans la revue *Physics Letters B*, Lucas Lombriser, professeur assistant au Département de physique théorique (Faculté des sciences), propose une approche qui semble être en mesure de résoudre cette incohérence. L'idée consiste à accepter qu'une autre constante (celle de la gravitation universelle  $G$  de Newton qui intervient aussi dans les équations de la relativité générale) puisse varier. Ce développement, reçu positivement par la communauté scientifique, doit toutefois encore être poursuivi afin de produire des prédictions susceptibles d'être confirmées – ou infirmées – expérimentalement.

« Mon travail consiste en une manipulation mathématique inédite des équations de la relativité générale qui permet – enfin – d'accorder la théorie et l'observation au sujet de la constante cosmologique », estime Lucas Lombriser.

Le célèbre physicien Albert Einstein avait besoin de la constante cosmologique pour que sa théorie soit compatible avec un Univers qu'il imaginait statique. En 1929, le physicien Edwin Hubble découvre toutefois que les galaxies s'éloignent toutes les unes des autres, signe que l'Univers est en réalité en expansion. En apprenant cela, Albert Einstein regrette d'avoir introduit la constante cosmologique, devenue inutile à ses yeux, et la qualifie même de « plus grande bêtise de sa vie ».

En 1998, l'analyse précise des supernovæ lointaines offre la preuve que l'expansion de l'Univers, loin d'être constante, subit même une accélération, comme si une force mystérieuse faisait gonfler le Cosmos de plus en plus rapidement. La constante cosmologique est alors de nouveau appelée à la rescousse afin de décrire ce que les physiciens appellent l'« énergie du vide ». Une énergie dont la nature est inconnue (on parle d'énergie sombre, de quintessence, etc.), mais qui est responsable de l'expansion accélérée de l'Univers. Le problème, c'est que la valeur calculée à l'aide de la théorie et celle mesurée à partir des supernovæ semblaient inconciliables. Jusqu'à ce que Lucas Lombriser propose sa solution.

## SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

### L'aide sociale doit s'adapter à l'évolution des parcours de vie

Dans un article paru dans la revue *Social Change in Switzerland* du mois de septembre, Gaëlle Aeby, chercheuse à la Faculté des sciences de la société et membre du Pôle national de recherche *Lives*, et ses collègues montrent que les parcours de vie contemporains sont sujets à une « dé-standardisation » due à une incertitude des trajectoires et à la réversibilité de certains événements, tels que le mariage ou le choix d'une profession. Ainsi, les réseaux de relations personnelles se sont diversifiés et s'appuient désormais non seulement sur la famille mais aussi sur les amis ou les collègues.

C'est ce que révèle l'étude *Family tiMes*, basée sur une enquête auprès de quelque 800 personnes nées entre les années 1950 et 1970. Dans leur article, les auteurs identifient sept types de réseaux personnels. Quatre d'entre eux sont

centrés sur la famille et trois autres sur les amis. La famille nucléaire (conjoint et enfants) est au centre des relations des individus devenus parents dans la vingtaine. Les personnes privilégiant une vie conjugale (c'est-à-dire sans enfants), célibataires ou ayant fait l'expérience d'une rupture conjugale développent, quant à elles, des réseaux où les amis jouent un rôle clé comme pourvoyeurs de soutien émotionnel et matériel. Il se trouve, toutefois, qu'en Suisse les normes de solidarité, notamment pour la garde des enfants, le financement des études ou l'aide aux seniors se basent encore fortement sur la famille et l'autonomie individuelle. Les chercheurs proposent le développement de politiques sociales et familiales plus ancrées dans la réalité des trajectoires de vie permettant ainsi de mieux cibler les groupes à risque.

## GÉRONTOLOGIE

# Jeanne Calment, doyenne de l'humanité, n'est pas une impossibilité statistique

On ne doute pas impunément de l'âge de Jeanne Calment, la Française qui détient le record mondial de longévité. Dans un article paru le 16 septembre dans le *Journal of Gerontology*, une équipe de chercheurs dont fait partie François Herrmann, professeur au Département de réadaptation et gériatrie (Faculté de médecine), réfute les allégations de deux chercheurs russes selon lesquelles il est impossible que la doyenne de l'humanité ait pu vivre jusqu'à 122 ans. Valery Novoselov, gérontologue, et Kolay Zak, mathématicien, avaient en effet estimé il y a quelques mois que la personne morte à Arles en 1997 était en réalité Yvonne, la fille de Jeanne, qui aurait échangé son identité avec celle de sa mère au moment de son prétendu décès en 1934. Un coup monté familial dont l'objectif aurait été d'éviter de payer des impôts sur la succession.

L'article passe en revue tous les éléments historiques à disposition. Il en ressort par exemple qu'au moment de la mort d'Yvonne en 1934 des suites d'une tuberculose, le mari de Jeanne Calment est encore en vie et que le fils d'Yvonne a déjà 7 ans. Cela signifie qu'en cas d'échange d'identité entre la mère et la fille, il aurait fallu que le mari de Jeanne présente sa fille comme son épouse (et donc que le mari d'Yvonne renonce à elle) et que son petit-fils fasse comme si sa mère était sa grand-mère. La ficelle paraît d'autant plus grosse que la famille de Jeanne était connue à Arles. Son beau-père avait créé un commerce local réputé, son père était conseiller municipal et le mari d'Yvonne était membre de la Légion d'honneur française.



Jeanne Calment

Par ailleurs, depuis les accusations de fraude et de complot, au moins quatre proches de la famille ont publié des photos montrant qu'Yvonne était, avant son mariage en 1926, active et bien intégrée dans son groupe social de jeunes femmes.

Kolay Zak évoque aussi une impossibilité statistique d'atteindre l'âge de 122 ans en 1997. C'est pour répondre à cette affirmation que François Herrmann, spécialiste de l'épidémiologie des personnes âgées, a été recruté. Le chercheur genevois a conçu un modèle probabiliste basé sur des données démographiques comprenant la cohorte complète de toutes les personnes nées en France en 1875 – l'année de naissance de Jeanne Calment – afin de connaître leur âge à leur mort, et celle de 1903, qui constitue la dernière cohorte éteinte. Il en ressort que tous les 10 millions de centenaires, une personne peut atteindre 123 ans. Une probabilité mince mais qui ne fait pas de Jeanne Calment une impossibilité statistique.

## NEUROSCIENCES

## Une équipe découvre pourquoi les sons d'alarme retiennent l'attention

Pour comprendre pourquoi les sons « rugueux » des alarmes ou des cris retiennent l'attention, une équipe dirigée par Luc Arnal, chercheur au Département de neurosciences fondamentales (Faculté de médecine) a analysé les réactions du cerveau de personnes soumises à différents sons. De façon surprenante, les résultats, publiés le 20 septembre dans la revue *Nature communications*, démontrent que non seulement le circuit classique du traitement

du son est activé mais encore que des zones corticales et sous-corticales, telles que l'amygdale, l'hippocampe et l'insula, assimilées au traitement de la saillance (le fait de retenir l'attention), de l'aversion et de la douleur sont également sollicitées. D'où le fait que les participants les considèrent comme insupportables. Cette découverte, une première, explique pourquoi le cerveau se met en état d'alerte à leur écoute.

### EVA SERVOLI REÇOIT L'« EURESEARCH NETWORK AWARD » 2019



Collaboratrice du Service recherche de l'UNIGE, Eva Servoli se voit attribuer l'Euresearch Network Award 2019. Cette distinction individuelle récompense un collaborateur ou une collaboratrice du réseau Euresearch au sein de toute la Suisse pour son engagement, sa compétence, son réseau, les collaborations développées et son impact aux plans régional et fédéral.

### LUIGI RIZZI NOMMÉ AU COLLÈGE DE FRANCE



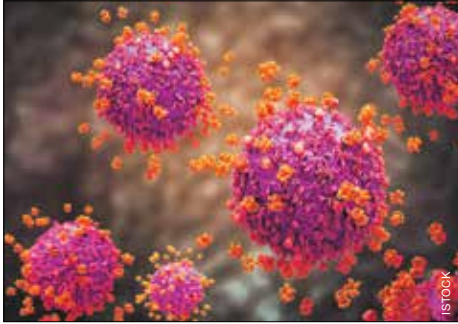
Professeur honoraire du Département de linguistique (Faculté des lettres) et spécialiste de la théorie de la syntaxe ainsi que de la syntaxe comparative, Luigi Rizzi est nommé au Collège de France où il occupera la chaire de linguistique générale.

### TROIS CHERCHEURS EN ENVIRONNEMENT PRIMÉS PAR « SOLAR ENERGY »

Caroline Fraga, Pierre Hollmuller et Bernard Lachal, tous trois chercheurs à l'Institut des sciences de l'environnement et de l'eau, ont reçu le Solar Energy Best Paper Award 2019. Ce prix leur est remis pour un article qui analyse le potentiel d'un système thermique combinant pompe à chaleur et panneaux solaires pour des habitations familiales.

## MÉDECINE

# L'OMS modifie ses recommandations pour deux médicaments contre le VIH



Jusque très récemment, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommandait indifféremment deux médicaments – le dolutégravir, mis sur le marché en 2013, et l'éfavirenz, en 1998 – pour le traitement de l'infection au VIH, en particulier dans les pays fortement touchés par la maladie sexuellement transmissible. Or, si les deux molécules font bien baisser la charge virale des patients de manière presque équivalente, le risque d'apparition de résistance au traitement est

plus faible avec le dolutégravir. C'est ce qui ressort d'une étude parue le 29 août dans le *New England Journal of Medicine* et à laquelle a participé Alexandra Calmy, vice-doyenne de la Faculté de médecine chargée de la médecine internationale et humanitaire et responsable de l'Unité VIH/Sida des Hôpitaux universitaires de Genève.

Baptisée Namsal, cette analyse comparative menée auprès de 613 patients de divers centres hospitaliers camerounais met également en lumière la nécessité de mener des études de haute qualité au sein des populations concernées plutôt qu'uniquement sur des patients vivant dans des pays à haut revenu.

Contrairement à ceux des pays occidentaux, les patients des pays lourdement touchés par le VIH sont majoritairement (deux tiers) des femmes dépistées tardivement, présentant une charge virale au départ très élevée et ne bénéficiant bien souvent que de peu de suivi médical. Les traitements mettent alors plus de temps pour agir.

## SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

## Ceux qui pointent le moins sont ceux qui triment le plus

Les employés qui n'enregistrent pas leurs heures ne travaillent pas moins que les autres. C'est même eux qui triment le plus. C'est ce qui ressort d'une étude menée par Jean-Michel Bonvin, professeur à l'Institut de démographie et socioéconomie (Faculté des sciences de la société), et ses collègues sur mandat du Secrétariat d'État à l'économie. Publié le 29 septembre, le travail est destiné à évaluer une révision de la loi, entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016, et qui prévoit un régime dérogatoire à l'enregistrement systématique du temps de travail pour les travailleurs touchant un salaire brut annuel de plus de 120 000 francs.

Basée sur un questionnaire auquel ont répondu 2013 personnes actives dans quatre secteurs (assurances, télécommunications, industrie et commerce de détail), l'étude montre que l'absence d'enregistrement et, dans une moindre mesure, l'enregistrement allégé coïncident avec un nombre d'heures de travail effectif de 45,6 en moyenne contre 39,6 pour les

autres. De plus, 11,7% des travailleurs concernés par la dérogation complète rapportent une durée hebdomadaire du travail très élevée (au-delà de 55 heures), contre seulement 1,3% de ceux qui enregistrent toutes leurs heures.

«*Les personnes concernées par ces dérogations sont souvent des cadres, explique Jean-Michel Bonvin. Ces employés subissent en général une forte pression et vont se consacrer énormément à leur travail pour atteindre leurs objectifs.*»

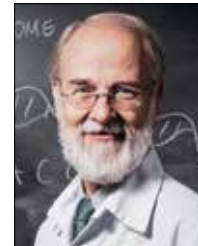
L'étude ne trouve pas de lien direct entre la modalité d'enregistrement du temps de travail et l'exposition à un risque de stress important. Selon les auteurs, cela peut s'expliquer par la plus grande autonomie dont jouissent les travailleurs au bénéfice d'une dérogation, autonomie qui contribue à une meilleure gestion des situations de stress. Les auteurs précisent que l'étude ne prend pas en compte le secteur bancaire, qui a refusé de participer alors que c'est lui qui compte le plus de travailleurs concernés (44%, contre 3 à 20% dans les autres secteurs).

### LE PRIX MARIE HEIM-VÖGTLIN POUR ANNE VERHAMME



Le prix Marie Heim-Vögtlin 2019 revient à Anne Verhamme, professeure au Département d'astronomie (Faculté des sciences). Cette distinction lui est remise pour ses travaux sur les débuts de l'Univers. La chercheuse a démontré que les galaxies primordiales sont vraisemblablement à l'origine de l'événement de «réionisation cosmique».

### STYLIANOS ANTONARAKIS LAURÉAT DU WILLIAM ALLAN AWARD



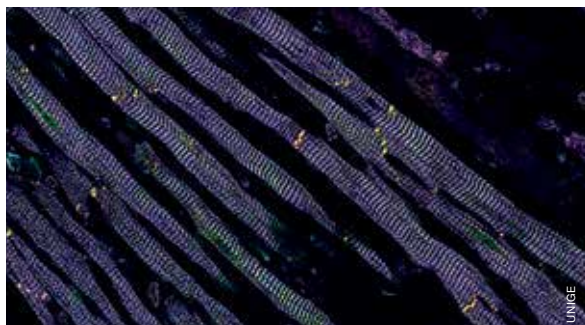
Récompensant des contributions substantielles et durables à la connaissance du génome humain, le prix 2019 de l'American Society of Human Genetics a été décerné à Stylianos Antonarakis, professeur honoraire de la Faculté de médecine. Ses travaux portent notamment sur les désordres de l'hémoglobine et les bases génétiques du syndrome de Down.

### PRIX D'EXCELLENCE EN LIPIDOMIQUE POUR ANNE-CLAUDE GAVIN

Anne-Claude Gavin, professeure Louis-Jeantet au Département de physiologie cellulaire et métabolisme (Faculté de médecine), est la lauréate du premier prix d'excellence en lipidomique. Ce prix a été fondé pour renforcer les sciences de la vie par la lipidomique.

## BIOCHIMIE

## Un traitement réduit de 30% les dommages liés aux infarctus



Cellules du muscle cardiaque de souris sous anoxie.

Une étude parue le 14 octobre dans la revue *Nature Metabolism* montre que la nécrose des tissus consécutive à un accident cardiovasculaire ou à une attaque cérébrale est provoquée par l'accumulation d'un lipide appelé déoxydihydrocéramide. En inhibant la synthèse de cette molécule chez une souris faisant un arrêt cardiaque, les auteurs, dont font partie Howard Riezman, professeur, et Thomas Hannich, chercheur au Département de biochimie (Faculté des sciences) et directeur du Pôle national de recherche *Chemical Biology*, ont réussi à réduire de 30% les dommages causés aux tissus.

Avec respectivement près de 16 millions de morts par an, les accidents cardiovasculaires et cérébraux sont la première cause de mortalité au monde. Lorsqu'un caillot se forme, il bouche l'artère et empêche le sang de

circuler correctement. Les tissus non irrigués ne reçoivent alors plus d'oxygène (anoxie) et se nécrosent très rapidement, sans retour en arrière possible.

C'est en travaillant sur des vers que les chercheurs ont constaté qu'en cas d'anoxie, la déoxydihydrocéramide s'accumule dangereusement dans les cellules. La spectrométrie de masse a permis de découvrir que ce lipide, quand il est synthétisé en trop grande quantité, bloque certains complexes de protéines et provoque des défauts dans le cytosquelette des cellules et dans le fonctionnement des mitochondries, induisant la nécrose des tissus.

Après avoir vérifié *in vivo* que la déoxydihydrocéramide est bien la cause de la nécrose des tissus, les chercheurs ont injecté un inhibiteur de la synthèse des céramides à des souris sur le point de faire un infarctus. Les rongeurs ainsi traités ont vu les dommages causés par l'anoxie réduits d'un tiers par rapport aux animaux de contrôle.

Selon les chercheurs, cette découverte ouvre des perspectives inédites dans la mise au point de traitements des dommages causés par les accidents cardiovasculaires et cérébraux. Il reste toutefois à développer un inhibiteur ciblant plus spécifiquement la déoxydihydrocéramide, afin de perturber le moins possible le bon fonctionnement de l'organisme.

### JEAN-LUC VEUTHEY REÇOIT LE CSABA HORVATH MEMORIAL AWARD

Professeur à la Section des sciences pharmaceutiques (Faculté des sciences), Jean-Luc Veuthey s'est vu décerner le Csaba Horvath Memorial Award. Instituée en 2004, en l'honneur du scientifique hongrois Csaba Horváth (1930-2004), cette distinction récompense des recherches dans le domaine des sciences séparatives, dédiées à l'étude des processus de rétention et de migration sélectives pour la chromatographie, l'électrophorèse et l'électrochromatographie.

### ID QUANTIQUE DISTINGUÉE PAR LA CHAMBRE DE COMMERCE DE GENÈVE

Le prix 2019 de l'innovation de la Chambre de commerce, d'industrie et des services de Genève a été attribué à ID Quantique et à son directeur Grégoire Ribordy. Cofondé par Grégoire Ribordy, ancien chercheur du Département de physique appliquée, le professeur Hugo Zbinden et le professeur Nicolas Gisin, ID Quantique est un spin-off issu de recherches menées à l'UNIGE dans le domaine de la cryptographie quantique.

## Abonnez-vous à « Campus » !

par e-mail ([campus@unige.ch](mailto:campus@unige.ch))  
ou en envoyant le coupon ci-dessous :

Je souhaite m'abonner gratuitement à « Campus »

Nom

Prénom

Adresse

N° postal/Localité

Tél.

E-mail

Découvrez les recherches genevoises, les dernières avancées scientifiques et des dossiers d'actualité sous un éclairage nouveau.

Des rubriques variées dévoilent l'activité des chercheuses et des chercheurs dans et hors les murs de l'Académie. L'Université de Genève comme vous ne l'avez encore jamais lue!



Université de Genève  
Service de communication  
24, rue Général-Dufour  
1211 Genève 4  
[campus@unige.ch](mailto:campus@unige.ch)  
[www.unige.ch/campus](http://www.unige.ch/campus)

## KARL BLANCHET PREND LA DIRECTION DU CERAH



Spécialiste des systèmes de santé à la London School of Hygiene and Tropical Medicine depuis 2010 et codirecteur du Health in Humanitarian Crises Centre depuis 2016, Karl Blanchet a été nommé directeur du Cerah (Centre d'enseignement et de recherche en action humanitaire). Le nouveau directeur s'est donné pour objectif de conforter le rôle du Cerah en tant que pôle d'excellence mondial dans la pratique humanitaire.

## LE PRIX ALBERT ET MARY LASKER RÉCOMPENSE L'ALLIANCE DU VACCIN

La Fondation Albert et Mary Lasker a attribué à Gavi, l'Alliance du vaccin, son prestigieux prix Lasker-Bloomberg 2019 pour le bien public. Gavi est ainsi récompensée pour avoir sauvé des millions de vies en permettant aux enfants d'avoir accès à la vaccination partout dans le monde. Directeur de Gavi, Seth Berkley est professeur à la Faculté de médecine de l'UNIGE. Médecin et épidémiologiste, spécialiste des maladies infectieuses, il participe notamment aux projets de recherche et d'enseignement de l'Institut de santé globale dans son domaine d'expertise.

**MARGAUX SAUDAN REÇOIT LE PRIX «U ROCK»**  
Étudiante de 5<sup>e</sup> année à la Faculté de médecine, Margaux Saudan reçoit le prix «U Rock» de l'Association suisse des étudiants en médecine (Swimsa) pour son engagement extra-académique exceptionnel au sein de l'Association des étudiants de médecine de l'UNIGE (AEMG) et de la Swimsa.

## ÉTUDES GLOBALES

# Une cartographie inédite détaille le profil méconnu des ONG genevoises

On savait la présence des organisations non gouvernementales (ONG) importante à Genève mais cette composante de la société civile n'avait été que peu étudiée. Cette lacune est désormais en partie comblée grâce à l'étude *Cartographie des ONG au sein de la Genève internationale*, menée par des chercheurs du Global Studies Institute (GSI) et publiée en août dernier. Ce travail a permis de répertorier et d'analyser 759 ONG actives sur le territoire genevois et qui emploient 3146 personnes. La plupart d'entre elles (71,1%) ont établi leur siège dans le canton.

Financièrement soutenu par la Ville et le canton de Genève ainsi que par le Département fédéral des affaires étrangères, le rapport divise les ONG en trois groupes complémentaires.

Le premier comprend les «ONG onusiennes» (170), celles qui sont attirées par la présence des nombreuses organisations intergouvernementales à Genève, et les «poids lourds» (42), dont font partie des noms aussi prestigieux que Médecins sans frontières, Amnesty International et Human Rights Watch. Elles contribuent toutes à l'élaboration d'une gouvernance globale. Le deuxième est celui des ONG locales (190), qui est le reflet de la rencontre entre la demande très ancrée au sein de la population genevoise de s'investir dans la solidarité internationale et l'offre variée et abondante de financement de projets proposée par ses institutions communales et cantonales.

Ces ONG sont souvent animées par des personnes sensibilisées après un voyage à l'étranger, par des populations migrantes

mobilisées pour mener des projets dans leur pays d'origine ou par des associations d'élèves du secondaire investis dans la réalisation de projets dans divers pays.

Finalement, on distingue les ONG les plus jeunes (357), qui sont installées à Genève depuis moins de vingt ans (dont une centaine depuis moins de sept ans) et qui témoignent de l'attractivité de Genève en tant que lieu privilégié pour faire vivre la société civile internationale. Le pôle d'activité le plus important des 759 ONG de l'étude est celui de la défense des droits humains, de la paix et de la justice. En d'autres termes, parmi les 17 Objectifs du développement durable (ODD) de l'Agenda 2030 des Nations unies, ce sont ceux de «réduction des inégalités» et de «justice et paix» que les ONG se sont le plus souvent attribués. La question de l'accès à la santé est, quant à elle, la plus transversale puisqu'elle apparaît de manière également importante dans les trois groupes décrits plus haut. Cela s'explique surtout par la présence à Genève de l'Organisation mondiale de la santé.

Curieusement, le pôle environnemental est le moins bien représenté, malgré la place médiatique énorme prise ces dernières années par le réchauffement climatique. Selon les chercheurs, le fait que le siège du secrétariat du Fonds vert pour l'environnement ait échappé à Genève peut avoir joué un rôle. Par ailleurs, la ville du bout du lac n'a pas une longue tradition dans ce domaine alors que dans celui des droits de l'homme ou de la paix, elle est active depuis plus de 150 ans.

## MÉDECINE

# Une protéine ouvre la voie à une alternative thérapeutique à l'insuline

L'administration à des souris insulinodépendantes de doses élevées d'une protéine appelée S100A9 améliore la gestion du glucose dans le sang et diminue certaines anomalies métaboliques dont souffrent fréquemment les diabétiques humains. Cette découverte, publiée le 7 août dans la revue *Nature Communications* par l'équipe de Roberto Coppari, professeur ordinaire au Département de physiologie cellulaire et

métabolisme (Faculté de médecine), ouvre la porte à une alternative thérapeutique plus efficace que l'administration quotidienne d'insuline pour traiter le diabète. Cette dernière approche, qui concerne actuellement des dizaines de millions de patients, ne permet en effet pas de rétablir un équilibre métabolique et comporte de graves effets indésirables en augmentant notamment le risque d'hypoglycémie grave.



# « On peut faire du profit tout en respectant les droits humains »

PREMIÈRE STRUCTURE DU GENRE DANS UNE ÉCOLE DE COMMERCE EUROPÉENNE, LE «**GENEVA CENTER FOR BUSINESS AND HUMAN RIGHTS**» A ÉTÉ INAUGURÉ LE 25 NOVEMBRE DERNIER.

**A** lors que la Suisse semble incapable de prendre position sur la question – le Conseil des États venant de demander «davantage de temps pour examiner cet objet» – des pays comme la France, l'Australie, le Canada, la Grande-Bretagne ou encore les États-Unis se sont récemment dotés de mécanismes légaux visant à responsabiliser les entreprises en cas de non-respect des normes internationales en matière d'environnement ou de violation des droits humains. Traduire ces bonnes résolutions en actes n'est cependant pas chose aisée. Définir les objectifs à atteindre pour les entreprises, évaluer l'efficacité réelle des mesures prises jusqu'ici, développer des solutions innovantes pour favoriser le respect des droits fondamentaux dans le monde du travail, c'est précisément la mission que s'est fixée le *Geneva Center for Business and Human Rights*. Entretien avec sa directrice, Dorothée Baumann-Pauly, professeure titulaire à la Faculté d'économie et de management, à la veille de l'inauguration de cette structure pour l'instant unique à l'échelle des écoles de commerce européennes.

**Campus: Qu'est-ce qui fait la spécificité du « Geneva Center for Business and Human Rights » ?**

**Dorothée Baumann-Pauly:** L'approche retenue par la plupart des universitaires dans le domaine des relations entre droits humains et entreprises est de type juridique et tend pour l'essentiel à produire des documents théoriques. Notre démarche vise au contraire à coller aux préoccupations des acteurs du monde économique et à leur apporter des réponses susceptibles d'être utilisées dans leur pratique quotidienne. En d'autres termes, il s'agit de leur prouver qu'on peut faire du profit tout en restant humain et que cela n'est pas si difficile à mettre en place.

**Le fait d'être basé à Genève constitue-t-il un atout à vos yeux ?**

Genève est la capitale des droits humains. Le fait d'être basé dans cette ville est donc une



Dorothée Baumann-Pauly, directrice du Geneva Center for Business and Human Rights.

chance énorme pour notre centre qui bénéficiera d'un environnement extrêmement riche en organisations dont l'activité est centrée sur les droits humains. À nous de tirer profit de ces nombreux contacts pour répondre au mieux aux besoins des entreprises pour tous les aspects relatifs aux droits humains.

**Concrètement, sur quels types de problématiques allez-vous travailler ?**

Un des premiers projets que nous avons lancés porte sur l'approvisionnement responsable en cobalt dans le commerce des matières premières. On trouve aujourd'hui du cobalt aussi bien dans les téléphones et les ordinateurs que dans les batteries au lithium ou dans les véhicules électriques. Or, 65% de la production mondiale de cette matière vient du Congo, un pays dans lequel faire des affaires de manière responsable constitue un vrai défi.

**Comment inciter les entreprises à se montrer plus respectueuses des droits humains ?**

La plupart des entreprises accordent aujourd'hui une grande attention au respect des droits humains car elles sont conscientes des risques qu'elles prennent en cas de violation flagrante. Risques qui touchent non seulement leur réputation mais aussi certains aspects opérationnels. Par ailleurs, le fait de respecter les droits humains offre aussi des opportunités. Si vous vous souciez des conditions de travail de vos ouvriers, ceux-ci resteront en effet plus longtemps à leur poste.

Ils développeront donc leurs compétences et la qualité de la production n'en sera que meilleure.

**Ce type de modèle « gagnant-gagnant » a-t-il déjà été expérimenté sur le terrain ?**

J'ai beaucoup travaillé sur l'industrie de la mode qui jouissait d'une assez mauvaise réputation du point de vue du respect des droits humains. Dans ce secteur, on voit aujourd'hui émerger de nouveaux modèles basés sur des partenariats stratégiques entre les grandes chaînes de distribution et leurs fournisseurs, les premiers s'engageant à travailler dans la durée en échange de garanties sur le respect des droits humains de la part des seconds.

**Qu'en est-il en Chine, pays qui est une immense puissance économique mais où les droits humains peinent à être reconnus ?**

Afin de faire respecter la liberté d'association, droit fondamental qui n'existe pas en Chine, certaines multinationales ont constitué un lobby pour faire pression sur le gouvernement chinois. Pour permettre à leurs ouvriers d'avoir voix au chapitre sans pour autant contrevenir à la réglementation locale, il a finalement été décidé de mettre en place des comités d'ouvriers chargés d'assurer le dialogue avec les responsables de l'entreprise. C'est la preuve que même dans un pays qui n'est pas démocratique, il est possible de faire avancer les choses, moyennant de la bonne volonté et un peu d'imagination.

Vue d'artiste de chasseurs-cueilleurs vivant en Europe il y a plusieurs dizaines de milliers d'années.

Cela fait entre 200 000 et 700 000 ans que l'être humain maîtrise le feu pour se nourrir et se chauffer. Cette avancée a modifié de manière importante l'environnement chimique auquel il est exposé quotidiennement. Son génome en garde peut-être une trace.



## ÉVOLUTION

# «NAT»: LES GÈNES DE LA CUISSON

## LA MAÎTRISE DU FEU A-T-ELLE MODIFIÉ LE GÉNOME DE L'ESPÈCE HUMAINE ?

C'EST CE QUE SUGGÈRE UNE ÉTUDE RÉVÉLANT QU'UNE FAMILLE DE GÈNES, IMPLIQUÉS DANS L'ÉLIMINATION DE CERTAINES TOXINES, A CONNU UN DESTIN DIFFÉRENT CHEZ LES ÊTRES HUMAINS ET CHEZ LES GRANDS SINGES.

Archive ouverte N° 121928

**E**n domestiquant le feu il y a quelques centaines de milliers d'années, l'être humain a drastiquement changé son mode de vie. Et, en même temps, peut-être aussi un peu son génome. Cette affirmation n'est encore qu'une hypothèse mais elle est retenue dans la conclusion d'un article paru dans la revue *G3 (Genes Genome & Genetics)* du mois de juillet. Les auteurs de ce travail, dont la première est Christelle Vangenot, chercheuse à l'Unité d'anthropologie du Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), y rapportent les résultats de l'analyse comparative d'une petite famille de gènes appelés *NAT* (*arylamine N-acétyltransférases*) chez les êtres humains et les autres grands singes (chimpanzés, bonobos, gorilles et orangs-outans). Les versions humaines de ces gènes sont connues pour jouer un rôle important dans la métabolisation de composés chimiques qui ont été ingérés ou respirés par l'organisme (notamment des composés aromatiques présents dans la fumée de combustion). Les résultats de l'étude montrent que ces gènes possèdent une importante diversité à la fois dans les populations humaines et dans les diverses espèces de grands singes mais que cette diversité est très différente dans chacun des deux cas. Selon les chercheurs, cette divergence génétique est sans doute le résultat d'une modification importante de l'environnement alimentaire et chimique de l'être humain par rapport à celui des autres grands singes. Une modification qui pourrait être due à l'usage du feu par les représentants du genre *Homo*.

*«La famille de gènes NAT est présente dans tout le règne vivant sauf dans les plantes, explique Estella Poloni, chargée de cours à l'Unité d'anthropologie et coauteure de l'étude\*. Chez les primates, elle ne compte que trois membres. Et l'un d'eux, NATP, est un pseudo-gène, c'est-à-dire qu'il a perdu toute fonctionnalité. N'étant plus soumis à la sélection naturelle, il est devenu plus libre d'accumuler avec le temps un certain nombre de mutations.»*

## CETTE DIVERGENCE GÉNÉTIQUE EST LE RÉSULTAT D'UNE MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT ALIMENTAIRE ET CHIMIQUE DE L'ÊTRE HUMAIN

*De ce fait, il a permis de servir de référence pour mesurer la vitesse d'évolution des deux autres, c'est-à-dire NAT1 et NAT2.»*

Ceux-ci sont bien fonctionnels et codent pour des enzymes très semblables (on parle d'isoenzymes) dont le travail consiste essentiellement à transformer (acétyler pour être exact) une grande variété de composés de manière à ce qu'ils puissent être éliminés par l'organisme.

Chez l'être humain, les cibles de ces deux enzymes ne sont pas identiques. Celles de *NAT2* sont des molécules généralement plus volumineuses que celles de *NAT1*. Par ailleurs, le gène *NAT1* est exprimé dans la plupart des tissus dès les phases les plus précoces du développement de l'embryon et il semble qu'il joue un rôle dans le métabolisme de la vitamine B9 (folates). Quant à *NAT2*, il est exprimé dans le foie et les intestins.

**Polymorphisme connu** Toujours chez l'être humain, *NAT2* a la particularité d'exister sous plusieurs variantes. Ce polymorphisme bien connu a d'ailleurs permis d'expliquer la grande variété de réponses que l'on observe chez les patients auxquels on administre de l'isoniazid, un antibiotique prescrit contre la tuberculose depuis les années 1950. Ce médicament, tout comme une poignée d'autres, est en effet métabolisé par *NAT2*. Selon les variantes du gène que possède le patient, ce traitement administré à une dose standard peut provoquer plus ou moins d'effets secondaires.

Cette importante diversité du gène *NAT2* en fait également un candidat intéressant pour des études de génétique des populations humaines. Elle a donné lieu à une étude qui a précédé celle-ci et qui a montré des différences significatives dans la fréquence des allèles (variants) de ce gène dans les communautés de chasseurs-cueilleurs, d'agriculteurs et d'éleveurs (lire l'encadré ci-contre).

Jeune chimpanzé formant un « wadge » de fruits sous la lèvre inférieure, parc national de Gombe Stream en Tanzanie.

Les singes adoptent cette technique afin de limiter l'ingestion de fibres non digestibles et de concentrer les sucres. Souvent, ils trempent leur wadge dans de l'eau pour en extraire davantage de sucre.

Le wadge est ensuite abandonné avec une empreinte parfaite de la dentition de l'individu.

Le gène humain *NAT1*, en revanche, est très peu variable, ce qui laisse supposer une pression de sélection contre de nouvelles mutations afin d'en conserver sa forme.

Se basant sur la littérature scientifique, les chercheuses genevoises ont rassemblé une importante collection de séquences ADN des gènes *NAT* appartenant à différentes populations humaines d'Afrique subsaharienne, d'Europe, d'Asie de l'Est et d'Amérique. À cela s'ajoutent des séquences provenant de génomes publiés appartenant à des membres éteints du genre *Homo*, à savoir une poignée de Néandertaliens, le spécimen de Denisova ainsi que le plus ancien génome séquencé d'humain moderne, Ust'-Ishim, qui a vécu en Sibérie il y a 45 000 ans.

**Quatre-vingt-quatre primates** « Du côté des grands singes, nous avons réuni 84 échantillons d'ADN provenant de 70 chimpanzés, d'un bonobo, de cinq gorilles et de huit orangs-outans, énumère Estella Poloni. Ils ont été prélevés sur des primates vivant dans des centres de recherche en Californie et aux Pays-Bas ainsi que dans le zoo de Bâle. À des fins de contrôle, nous avons également utilisé les génomes publiés de 79 autres membres des mêmes espèces. »

Il ressort de l'analyse comparative que la diversité des gènes *NAT* chez les grands singes est exactement l'inverse de celle mesurée chez l'être humain. Le gène *NAT1* possède en effet un grand nombre d'allèles dans les populations de grands singes, signe potentiel d'une relaxation de la pression sélective, tandis que *NAT2* est remarquablement stable, laissant supposer au contraire qu'il possède une fonction importante (inconnue pour l'instant) et que sa séquence doit être conservée.

## « AU COURS DE L'ÉCRASANTE MAJORITÉ DE SON HISTOIRE RÉCENTE, L'ÊTRE HUMAIN A QUOTIDIENNEMENT ALLUMÉ UN FOYER POUR CUIRE SES ALIMENTS ET SE CHAUFFER »

« Cette différence de niveau de diversité entre les gènes *NAT1* et *NAT2* chez les grands singes suggère que les deux enzymes correspondantes ont, comme chez les humains, des fonctions différentes, analyse Estella Poloni. Le problème, c'est que, pour l'instant, on ignore presque tout de l'expression et de la fonction des gènes *NAT* chez les singes. »

Toutefois, il se trouve que l'enzyme *NAT2* chez l'homme est connue pour dégrader certains composés aromatiques qui sont notamment produits lors de la combustion de certaines substances. C'est pourquoi les auteurs proposent que la divergence fonctionnelle des gènes *NAT* entre les êtres humains et les autres grands singes ait pu être induite par le développement de l'usage du feu.

« L'être humain maîtrise le feu depuis quelques centaines de milliers d'années, précise Estella Poloni. Au cours de l'écrasante majorité de son

histoire récente, il a quotidiennement allumé un foyer pour cuire ses aliments et se chauffer. Il a ainsi modifié son régime alimentaire et régulièrement respiré la fumée produite par le feu. Son organisme a donc été soumis à une multitude de nouveaux composés chimiques dont certains présentent une certaine toxicité et auxquels les autres grands singes n'ont pas été exposés, du moins pas aussi souvent. On peut imaginer qu'au fil des millénaires, la sélection naturelle ait eu le temps de favoriser la survie et la reproduction des individus porteurs de gènes les plus efficaces dans l'élimination de ces substances ou, plus précisément, de favoriser une variabilité capable de mieux tolérer

l'absorption de ces substances par leur organisme. » La chercheuse insiste toutefois sur le fait que des études supplémentaires visant à connaître plus précisément la fonction des équivalents humains des gènes *NAT* chez les autres grands singes sont nécessaires avant de pouvoir confirmer ou infirmer ce scénario.

\* Cette étude reprend les résultats de la thèse de Christelle Vangenot, défendue en 2016 et dirigée par Alicia Sanchez-Mazas et Estella Poloni, respectivement professeure et chargée de cours au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences).



---

## L'IMPACT DU MODE DE VIE SUR LES GÈNES

Le gène *NAT2* code pour une enzyme dont le rôle principal est l'acétylation de composés chimiques ou biochimiques (dont certains médicaments) dans le but de les éliminer de l'organisme. Il existe un grand nombre d'allèles (variants) de ce gène dans la population humaine. Chacun de ces allèles code pour une enzyme plus ou moins efficace. En d'autres termes, les individus ne sont pas

tous égaux face à la dégradation de substances ciblées par *NAT2* et donc face aux effets secondaires lorsqu'il s'agit de médicaments. Selon les cas, on qualifie les patients de métaboliseurs lents, intermédiaires ou rapides. Depuis une dizaine d'années, plusieurs études menées par les chercheurs de l'Unité d'anthropologie du Département de génétique et évolution (Faculté des sciences),

en collaboration avec des équipes internationales ont montré que les fréquences relatives de ces allèles varient entre les populations humaines, et en particulier entre les communautés de chasseurs-cueilleurs, d'agriculteurs et d'éleveurs. En résumé, les formes lentes sont les plus fréquentes chez les éleveurs, suivis des agriculteurs et enfin des chasseurs-cueilleurs. Pour les auteurs, dont fait partie

Estella Poloni, chargée de cours à l'Unité d'anthropologie, ces différences sont probablement dues au mode de vie des uns et des autres. Pendant des millénaires, ils ont été exposés à des environnements différents (régime alimentaire, nomadisme ou sédentarité...) qui ont favorisé, en leur sein, la survie et la multiplication de certaines formes du gène *NAT2*.

## DÉVELOPPEMENT

# LA LOGIQUE DU PARTAGE EXPLIQUÉE PAR LE JEU

**LA MIXITÉ EST-ELLE FAVORABLE AU PARTAGE ? C'EST CE QUE SUGGÈRENT LES RÉSULTATS OBTENUS PAR LES CHERCHEURS DU LABORATOIRE DU DÉVELOPPEMENT SENSORI-MOTEUR, AFFECTIF ET SOCIAL DANS LE CADRE D'UNE EXPÉRIENCE BASÉE SUR LE « JEU DU GRUYÈRE ». EXPLICATIONS.**

**D**ans son best-seller planétaire, *Sapiens. Une brève histoire de l'humanité*, l'historien israélien Yuval Noah Harari défend avec un brio certain l'idée selon laquelle la domination d'*Homo sapiens* sur la planète repose essentiellement sur le fait qu'il est le seul animal capable de coopérer efficacement avec un grand nombre de ses semblables. Une particularité qui lui a permis de s'adapter plus vite que ses concurrents et de faire évoluer rapidement tant les structures sociales que les relations interpersonnelles ou les activités économiques. La démonstration est certes convaincante mais elle ne dit pas grand-chose de l'origine de cette prédisposition unique (supposée faire partie de notre ADN) ni de son fonctionnement. Deux questions qui intéressent au plus haut point les chercheurs du Laboratoire du développement sensori-moteur, affectif et social (SMAS) de la Faculté de psychologie et de l'éducation. Dirigée par le professeur Édouard Gentaz, cette structure mène en effet depuis deux ans une étude visant à déterminer les liens entre coopération et sens du partage chez le jeune enfant. Avec des résultats qui ne sont pas forcément ceux que les scientifiques attendaient. *« Ce projet s'inscrit dans la continuité des travaux menés par le psychologue cognitiviste Michael Tomasello, actuellement professeur à la Duke University, et son collègue Felix Warneken, chercheur à Harvard, contextualise Édouard Gentaz. En 2011, cette équipe a publié dans la revue « Nature » un article retentissant qui démontrait que, contrairement aux grands primates, l'espèce humaine avait tendance à partager plus facilement lorsqu'il y a eu une coopération préalable et que ce comportement intervient très tôt dans le développement de l'individu. En modifiant quelque peu le dispositif expérimental, nous avons repris ce paradigme afin de déterminer si l'importance de la récompense avait une influence sur la qualité du partage. »*

Souhaitant disposer d'une population dont le sens moral ne soit pas encore trop fortement influencé par l'environnement culturel, affectif et éducatif, les chercheurs du SMAS

ont choisi d'étudier deux groupes d'enfants âgés respectivement de 3 ou 4 ans et de 4 ou 5 ans. À l'intérieur de ceux-ci, 18 binômes ont ensuite été constitués, en veillant à obtenir des paires mixtes et des paires du même sexe.

Le dispositif utilisé par Michael Tomasello et ses collègues étant trop imposant pour être transporté facilement en crèche ou dans une classe, il a fallu imaginer un support reposant sur la même logique mais plus maniable. Connu sous le nom de « jeu du Gruyère », ce dernier se présente sous la forme d'un plan incliné peint en jaune parsemé de trous et d'obstacles. À l'aide d'une cordelette, qui peut être manipulée à deux, il s'agit pour les joueurs de faire grimper un palet de bois jusqu'au

## « L'ESPÈCE HUMAINE A TENDANCE À PARTAGER PLUS FACILEMENT LORSQU'IL Y A UNE COOPÉRATION PRÉALABLE »

sommet dudit fromage sans le faire tomber dans les trous. À l'issue de l'exercice, une récompense variable – sous forme de bonbons – est distribuée aux participants de la partie.

« Notre hypothèse de départ, explique Fleur Lejeune, chargée de cours à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, reposait sur l'idée somme toute assez logique que lorsque la récompense devient trop inégalitaire, le partage a tendance à diminuer. De façon assez étonnante, nos résultats montrent que ce n'est pas le cas, le taux de partage restant remarquablement stable même lorsque le ratio de bonbons varie de un à sept. »

L'autre grande surprise révélée par l'expérience est liée au genre. Alors que rien ne

Lorsque les enfants s'entraident pour venir à bout d'une tâche, ici faire monter le palet jusqu'au sommet de la planche en évitant les trous, ils ont davantage tendance à partager leur récompense.

laissait présager un tel résultat dans la littérature, l'équipe conduite par Édouard Gentaz a en effet constaté davantage de partages au sein des binômes mixtes que dans les duos unisexués. Les garçons montrant par ailleurs plus de générosité que les filles en la circonstance.

«*Le fait d'obtenir ce résultat, que l'on n'attendait pas, nous pousse à aller plus loin, commente Édouard Gentaz. Est-ce que notre observation est un coup de hasard ou existe-t-il réellement un lien entre le genre ou plutôt la mixité et la propension au partage ?*»

Pour répondre à la question, les chercheurs du SMAS ont récemment lancé une nouvelle étude. Un travail qui devrait permettre d'évaluer avec une plus grande précision le rôle des facteurs sociaux et individuels, comme le fait d'appartenir à une fratrie ou de vivre en collectivité, point qui a, jusqu'ici, été peu traité par la littérature spécialisée. Pour y parvenir, il est prévu de lancer de nouvelles campagnes en récoltant des données biographiques sur les enfants participants en début et en fin d'année scolaire. En filigrane, l'équipe d'Édouard Gentaz devrait également récolter de précieuses informations sur les capacités du projet pédagogique conduit par les enseignants à favoriser le sens de la coopération et de l'équité, ce qui, après tout, est un des buts attendus.



## UN « MOOC » QUI VIENT AU SECOURS DES PARENTS

À quel rythme se développe un enfant, quelles sont ses compétences perceptives, affectives ou sociales, de quoi a-t-il besoin pour grandir convenablement ? Ces questions sont au centre du Mooc (pour *Massive Online Open Course*) proposé par la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation depuis la rentrée 2019.

Conçu par l'équipe du professeur Édouard Gentaz, spécialiste du développement sensori-moteur affectif et social, le programme sobriement intitulé « *Développement*

*psychologique de l'enfant* » résume l'état des connaissances scientifiques sur des sujets tels que la sécurité affective, le contrôle de soi, les émotions, le jeu et la créativité, l'empathie ou encore la parentalité. Chaque domaine est abordé par le biais de brefs modules vidéo qui se veulent accessibles au plus grand nombre. Gratuit mais ne donnant droit à aucun crédit ECTS, cet enseignement délivré en français s'adresse en effet prioritairement aux parents et grands-parents, aux étudiants,

ainsi qu'aux professionnels de la petite enfance (0-6 ans).

«*De nombreuses avancées ont été réalisées ces dernières années dans le domaine de la psychologie de l'enfant, sans que le grand public en ait forcément connaissance, explique Édouard Gentaz. Ce Mooc vise à rendre ce savoir accessible au travers d'informations claires et validées scientifiquement.*»

Plutôt que de distribuer les bons et les mauvais points, il s'agit dans l'esprit des concepteurs du projet, de donner quelques

repères fiables et des pistes pour agir concrètement. «*Dans nos sociétés très individualisées où les supports traditionnels tendent à disparaître, certains parents sont complètement démunis face à des questions comme la place des écrans ou la gestion des crises de colère, poursuit le psychologue. Notre volonté est de ne pas les laisser seuls face à leurs inquiétudes.*» VM

<https://moocs.unige.ch/accueil>

PRIX NOBEL DE PHYSIQUE  
**DEUX GENEVOIS  
SUR UNE AUTRE  
PLANÈTE**





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.

**M**ichel 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

**« 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 »**

*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



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.

En effet, durant la première partie du XX<sup>e</sup> 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. »*

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

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.

**Fausse 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,

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

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 disposons 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.

## 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.



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



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.

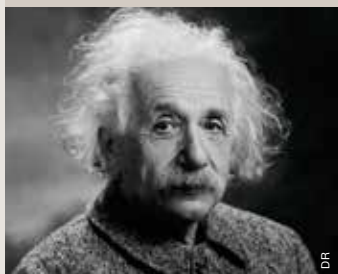
Pour en avoir le cœur net, Michel Mayor et Didier Queloz sont contraints d'attendre que 51 Pegasi et son énigmatique compagnon réapparaissent dans le ciel de Provence, ce qui est le cas ce fameux 6 juillet 1995.

«*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 clarette de Die.*»

## 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

### 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 XVII<sup>e</sup> 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 XX<sup>e</sup> 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 XIII<sup>e</sup> 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 XX<sup>e</sup> 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

**« 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 »**

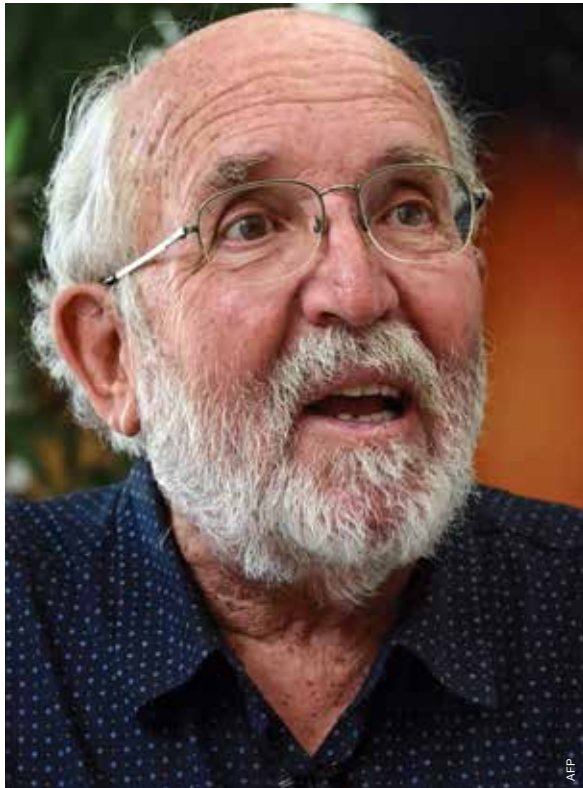
d'une étoile tournant dans un sens et d'une planète tournant dans l'autre sens, des orbites excentriques, etc. *« Ces découvertes ont radicalement transformé notre vision de l'Univers et remis en cause la plupart des choses que l'on croyait savoir à propos de la formation des planètes, conclut Michel 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. »*

« 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.



**S**urnommé 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 Pegb, 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.



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, Didier 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.

**C**oravel, Élodie, Coralie, Harps, Harps-Nord, Espresso... L'histoire de la découverte par les astronomes genevois de 51 Pegb 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 Pegb 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 éloi-

gnement 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



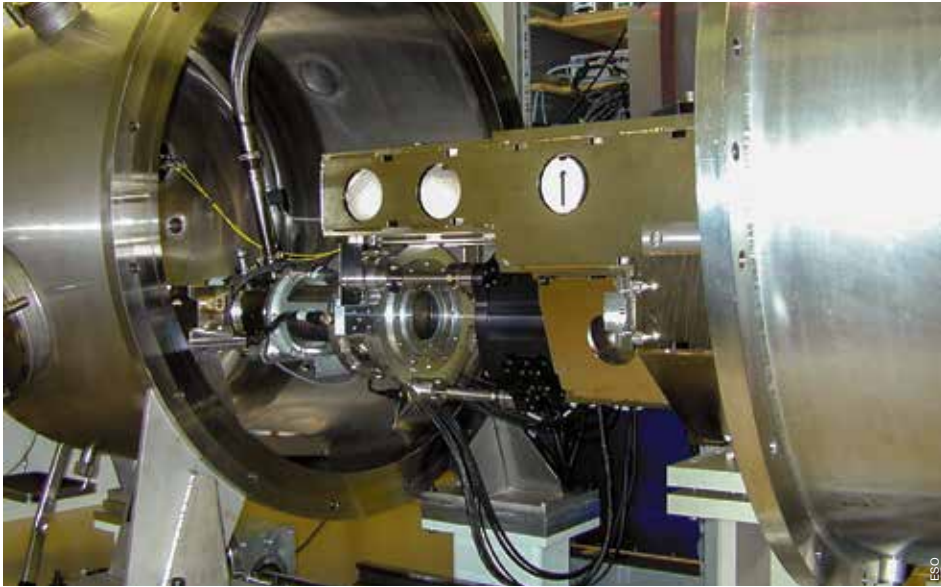
plus grande stabilité de l'appareil et d'une plus grande précision va de pair avec des difficultés techniques considérables qui poussent les collaborateurs au maximum de leurs compétences. Le design optique est signé une fois de plus André Baranne. La réalisation proprement dite est laissée au soin des 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.



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*).

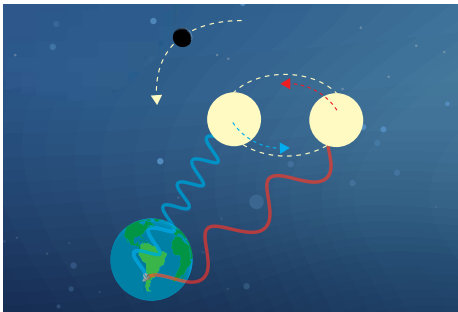
Toujours menée par Francesco Pepe, l'équipe genevoise, en collaboration avec des instituts portugais, espagnols et italiens, fabrique ensuite le dernier spectromètre en date : Espresso (*Echelle Spectrograph for Rocky Exoplanet and Stable Spectroscopic Observations*). Installé sur le VLT (*Very Large 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.

## 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.

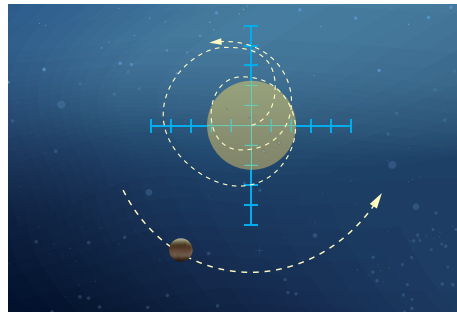
## Vitesse radiale



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 (lorsqu'il s'éloigne de la Terre) ou vers le bleu (lorsqu'il s'en approche).

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

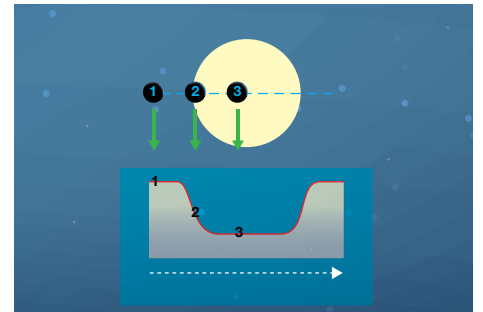
## Astrométrie



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

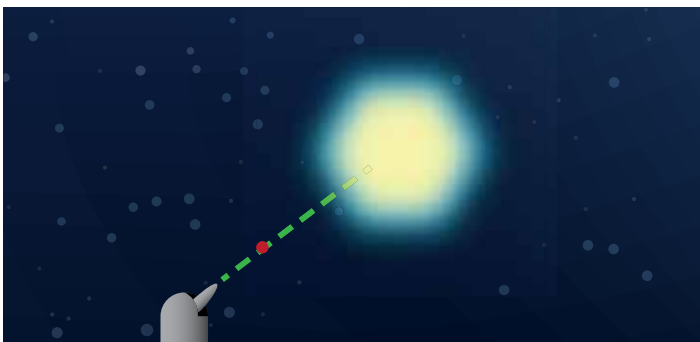
## Transit



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.

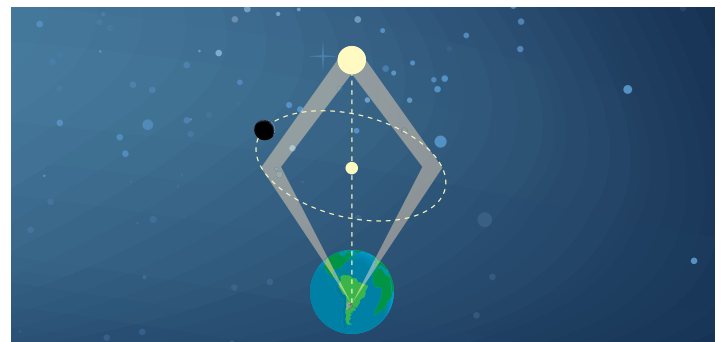
## Imagerie directe



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

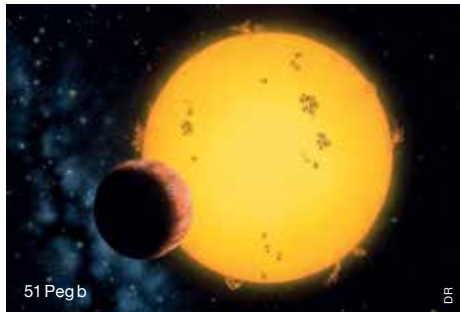
# L'EMPIRE DES 4000 PLANÈTES

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.



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.

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 »



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.



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.

**L**e 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'étoiles, 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

**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 »**

bel et bien une étoile et que l'hypothèse d'une exoplanète peut être définitivement balayée.

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.





## 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

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.*»

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

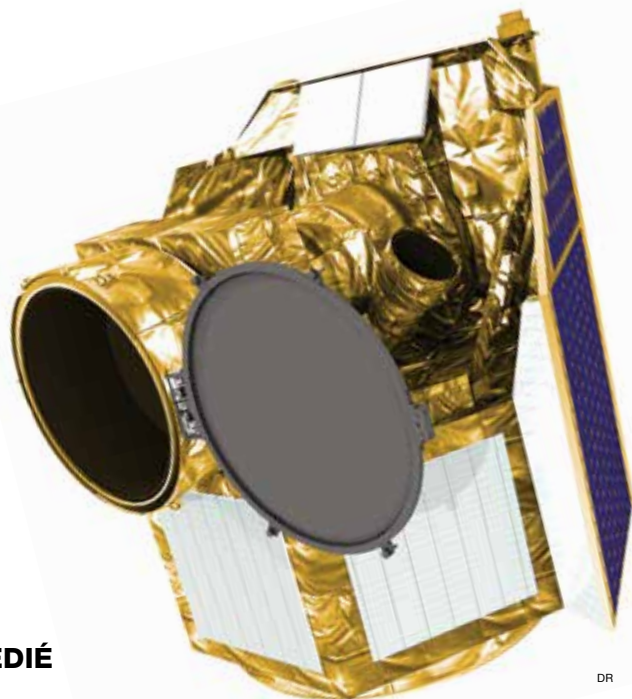
une autre méthode, comme celle dite du transit (c'est-à-dire la mesure de la mini-éclipse causée par l'objet passant devant l'étoile). Mais, vue depuis la Terre, HD 114762 b ne provoque pas d'éclipse.

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.

PÔLE NATIONAL DE RECHERCHE

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

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.



DR

« **L**a découverte de 51 Pegb, 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.



## 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. Reconnaisant 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 *Cosmic 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.**

« **N**ous 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. »

**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 58<sup>e</sup> place actuellement, 2<sup>e</sup> 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

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



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 étudiantin cette année (4,5%), rappelle le recteur. Et nous voulons offrir de bonnes conditions d'études en termes de places dans les auditoriums, 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.



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.

**T**outes 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

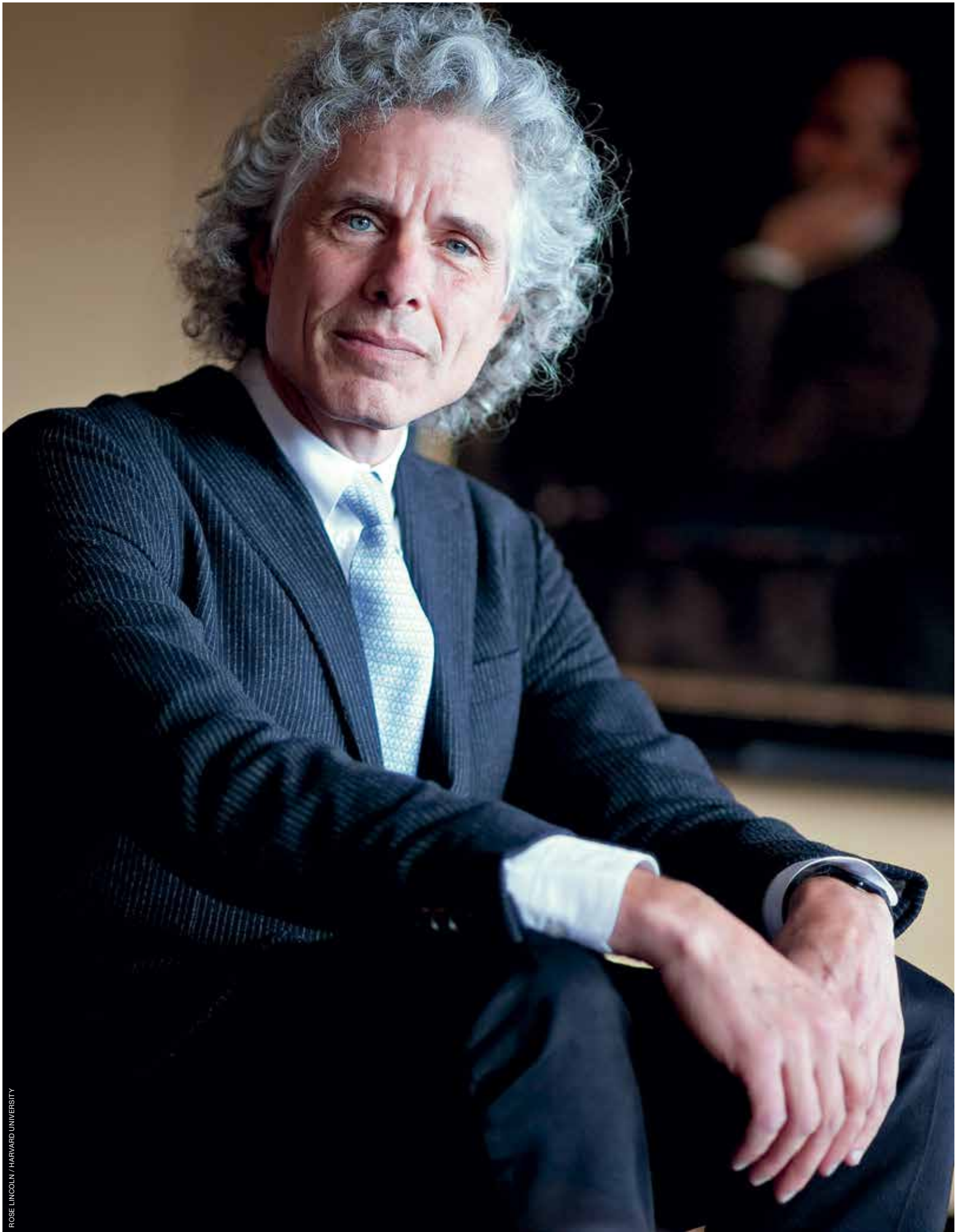
compte qu'elle ne constituait pas le centre du monde et qu'elle ne pouvait pas agir impunément sans tenir compte de l'environnement qui l'entourait. Aujourd'hui, il est temps de maîtriser nos pulsions et de prendre nos responsabilités, ce qui, en théorie, est le propre de l'âge adulte. Sans quoi, nous 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 XX<sup>e</sup> 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.



# « LE MONDE SE PORTE MIEUX, C'EST UN FAIT »

## STEVEN PINKER,

PROFESSEUR DE PSYCHOLOGIE À L'UNIVERSITÉ HARVARD, A DONNÉ CET AUTOMNE UNE CONFÉRENCE INTITULÉE « POURQUOI NOTRE MONDE SE PORTE MIEUX », DANS LE CADRE DE LA REMISE DES PRIX DE LA FONDATION LATSIS. EXPLICATIONS.

**Campus :** Vous estimez que le monde ne s'est jamais porté aussi bien. Pourtant, les changements climatiques sont perçus par une partie de la population comme l'un des dangers les plus menaçants pour l'humanité. Et, à en croire l'actualité, il ne semble pas que les choses aillent beaucoup mieux sur ce front.

**Steven Pinker :** Le monde est un endroit compliqué. On ne peut pas le simplifier en disant que tout va très bien ou que tout va mal. Pour ma part, je prétends que le monde se porte mieux tout en admettant qu'il existe toujours de graves menaces qui pèsent sur notre société. En l'occurrence, les progrès dans le bien-être de l'individu ont été possibles notamment grâce à l'utilisation d'énergies fossiles telles que le charbon et le pétrole qui ont envoyé dans l'atmosphère – et continuent de le faire – assez de gaz à effet de serre pour dérégler le climat à l'échelle globale. Cela dit, je considère les changements climatiques, tout comme les armes nucléaires d'ailleurs, comme des problèmes, certes non résolus, mais qui peuvent l'être. Certaines tendances montrent d'ailleurs que l'on est sur le bon chemin.

### Lesquelles ?

Par exemple, la quantité de CO<sub>2</sub> produite par habitant, après avoir augmenté depuis la révolution industrielle, diminue désormais régulièrement grâce à l'utilisation d'énergies alternatives et à l'efficacité énergétique. Depuis plusieurs décennies, chaque dollar de produit intérieur brut (PIB) créé dans le monde entraîne de moins en moins d'émissions de gaz à effet de serre. Ce qui me permet de constater que la croissance économique n'entraîne pas une augmentation linéaire de la pollution atmosphérique.

**Oui, mais il y a de plus en plus d'habitants sur Terre et de plus en plus de dollars de PIB produits chaque année. Est-ce que cela ne compense pas les baisses ?**

En effet. Même si la population mondiale pourrait atteindre un pic en 2070 déjà puis commencer à diminuer, cela ne suffira pas. L'objectif n'est pas seulement de diminuer mais de réduire à zéro les émissions de CO<sub>2</sub>. Pour y parvenir, il existe des stratégies visant à décarboner notre société comme la taxation du CO<sub>2</sub>, le développement de technologies qui n'émettent pas de gaz à effet de serre, voire en absorbent, etc. L'approche que je propose consiste à trouver, grâce à la raison, aux sciences et aux progrès des solutions aux problèmes qui se dressent devant nous. Il est évident que chaque solution amène de nouveaux problèmes et que ceux-ci ne se résoudront pas tout seuls.

**Pensez-vous que Greta Thunberg, la militante suédoise de 16 ans qui lutte contre le réchauffement climatique, fasse partie de la solution ?**

Greta Thunberg a réussi à mettre en évidence le fait que les actions des personnes actuellement au pouvoir, qui ont entre 40 et 80 ans, vont affecter la vie des jeunes qui ont moins de 20 ans aujourd'hui et qu'il est essentiel de changer l'ordre des priorités de manière à prendre davantage en considération les générations futures. Elle est très efficace pour mettre la pression sur les décideurs. Par contre, la vision assez commune dans les milieux écologistes selon laquelle la croissance économique et celle du bien-être sont incompatibles avec la préservation de l'atmosphère me paraît dangereuse. Quand vous donnez le choix entre la croissance et la décroissance, la plupart des gens, en particulier dans les pays pauvres,

**Greta Thunberg**  
 faisant la grève de l'école  
 devant le Parlement  
 suédois à Stockholm  
 pour lutter contre les  
 changements climatiques,  
 le 30 novembre 2018.  
 Elle a alors 15 ans.

choisissent la première option en acceptant les risques qui vont avec. L'Inde, la Chine et l'Indonésie, encore considérées comme des pays en développement, ne vont – et ne doivent – pas rester pauvres pour que les pays riches puissent conserver leur niveau de vie. On enlèverait ainsi tout espoir à ces populations d'améliorer leurs conditions de vie. Il faut plutôt trouver un moyen de continuer à tirer bénéfice de l'énergie à disposition sans détruire la planète.

#### **Seriez-vous un optimiste ?**

Je ne crois pas. Lorsque je prétends que le monde se porte mieux, je ne fais que constater des faits.

#### **Avez-vous des exemples ?**

Grâce aux vaccins, aux antibiotiques ou encore à l'hygiène, l'espérance de vie moyenne mondiale est passée d'une trentaine d'années il y a 250 ans à 71 ans aujourd'hui. L'extrême pauvreté (personnes vivant avec moins de 1,9 dollar par jour) est tombée de 75% au cours des trente dernières années. Les inégalités de richesse entre les pays ont tendance à diminuer. Le nombre de morts dans des guerres a été divisé par 20 depuis la fin des années 1940. La famine, autrefois endémique, a quasiment disparu. Elle ne survient plus qu'en cas de guerre ou de dictature. Il y a de plus en plus de démocraties sur Terre, leur nombre étant passé d'une trentaine dans les années 1960 à plus de 100 aujourd'hui. La peine de mort recule partout, même aux États-Unis où de plus en plus d'États y renoncent. Elle pourrait même disparaître dans un proche avenir comme l'ont fait avant elle le sacrifice humain et l'esclavage. La dépénalisation de l'homosexualité progresse, grâce notamment à des lois adoptées récemment au Botswana, en Inde, au Liban ou encore à Trinidad et Tobago. Le taux de violence dans la société a chuté de 30% en vingt ans. Même le Mexique, qui défraye pourtant la chronique à cause de l'extrême brutalité des cartels de la drogue, est moins violent qu'il y a 100 ans. Nous sommes davantage en sécurité que par le passé, que ce soit en voiture, sur le trottoir ou en avion. On meurt moins de catastrophes naturelles grâce à une meilleure prédiction des événements, des infrastructures plus résilientes et une réponse plus rapide et efficace des secours. On

devient aussi de plus en plus intelligent. Le taux d'alphabétisation augmente partout où il n'est pas encore proche de 100% et des études montrent que la population mondiale gagne 3 points de QI (quotient intellectuel) tous les dix ans grâce aux progrès réalisés dans l'ins-truction, la santé publique, la nutrition, etc.

#### **Sommes-nous aussi plus heureux ?**

En moyenne, c'est le cas. D'abord, les heures hebdomadaires consacrées au travail ont baissé de 62 en 1850 à 42 aujourd'hui, celles passées à faire le ménage de 60 à 15, permettant à celles de loisir d'augmenter de 30 heures hebdomadaires dans les années 1960 à 40 aujourd'hui. Il existe par ailleurs une forte causalité entre la satisfaction et les revenus. Partout, les riches sont plus heureux que les

**« DANS TOUS  
 LES PAYS QUI  
 DISPOSENT  
 DE DONNÉES  
 SUR LE TAUX DE  
 SATISFACTION,  
 CELUI-CI  
 PROGRESSE »**

pauvres. Comme l'humanité s'est enrichie, alors nous devrions être plus heureux. Dans tous les pays qui disposent de données sur le taux de satisfaction sauf aux États-Unis, celui-ci progresse. La Suisse est le cinquième pays le plus heureux de la planète. Plus de 95% de ses citoyens disent qu'ils sont très heureux. Quant aux taux de suicide, il a baissé de 40% au cours des trois dernières décennies. Je précise toutefois que rien dans tous ces exemples ne nous garantit que les choses vont continuer de la même manière. Mais cela s'est passé ainsi dans notre histoire.

#### **Comment se fait-il alors qu'on a souvent l'impression que c'était mieux avant ?**

La plupart des gens ignorent ces faits. C'est dans la nature de la cognition humaine. On se remémore plus facilement les mauvaises choses que les bonnes. À cela s'ajoute la nostalgie qui est un sentiment très puissant. Comme le dit le journaliste américain Franklin Adams, « rien n'est plus responsable du bon vieux temps qu'une mauvaise mémoire ». Quant au journalisme, qui nous tient informé des affaires du monde, son objectif consiste avant tout à rapporter des événements. Les mauvaises choses ont tendance à se passer brutalement. Quand une guerre éclate, elle fait les gros titres. Mais elle n'est jamais remise dans son contexte, à savoir que le nombre de conflits a drastiquement chuté ces dernières décennies et même depuis cinq cents ans, une époque où la guerre était un état perpétuel et la paix de brefs inter-mèdes. À l'inverse, les bonnes choses sont en général marquées par une absence d'événements ou alors par des changements lents et étalés sur des temps longs. On parle du train qui arrive en retard, jamais de celui qui arrive à temps.

#### **Voulez-vous dire que les journalistes ne font pas correctement leur travail ?**

Le biais dont je viens de parler est inhérent à la nature de leur métier. Cela dit, il y en a un autre que j'ai découvert en discutant avec eux et qui est délibéré. Il s'agit de l'impression que le journalisme négatif est sérieux et responsable tandis qu'un article positif relèverait de la propagande gouvernementale, d'une opération de relation publique ou d'un sujet n'ayant aucun intérêt public. Je comprends le raisonnement mais j'estime que cette approche devrait malgré tout être reconsidérée. Lorsque les seules choses qu'elle lit, entend et voit dans les nouvelles sont des échecs et des malheurs, la population risque de devenir cynique vis-à-vis des institutions et de notre démocratie libérale. Elle aura plus tendance à s'ouvrir aux populismes, aux radicaux ou aux nihilistes de tout poil.



HANNA FRANZEN/AFP

**Vous êtes plutôt un promoteur des Lumières, si on en croit le titre de votre dernier livre, «Le Triomphe des Lumières» (Éd. Les Arènes, 2018)...**

Je prends en effet la défense et je m'engage pour les valeurs des penseurs des Lumières. Je ne veux pas retourner dans le passé et chercher la sagesse dans leurs écrits mais je propose de poursuivre leur projet en s'appuyant sur quatre piliers: la raison (en opposition aux croyances), la science (qui découle du premier et qui nous permet de comprendre le monde), l'humanisme (dont l'objectif moral est de réduire la souffrance et de favoriser l'épanouissement des êtres humains), et le progrès.

**Il n'est pas sûr que tous les dirigeants actuels partagent ces valeurs...**

En effet. Des chefs d'État tels que Donald Trump (États-Unis), Vladimir Poutine (Russie), Jair Bolsonaro (Brésil), Boris Johnson (Royaume-Uni), Recep Tayyip

Erdogan (Turquie) ou encore Viktor Orban (Hongrie) s'inscrivent plutôt dans le courant opposé, celui des Contre-Lumières. Ils se battent pour des valeurs comme la race, la nation, la gloire, la grandeur. Ils valorisent un hypothétique âge d'or plutôt que de regarder vers le futur afin de résoudre les problèmes.

**Le populisme séduit malgré tout une bonne partie de la population.**

Les populistes peuvent accéder au pouvoir et même en gagner davantage en exploitant les défauts des démocraties, à l'image de Donald Trump qui est devenu président en perdant le vote populaire. Mais on ne peut pas dire que ce soit un succès. Aussi bien aux États-Unis, en proie à une procédure d'impeachment, qu'au Royaume-Uni, empêtré dans le Brexit, le populisme a créé un désordre politique invraisemblable. Cela montre que le monde moderne possède des caractéristiques qui ne semblent pas s'accommoder

avec ce mouvement. De manière plus générale, il existe des forces démographiques qui contrent les avancées du populisme. Par exemple, plus on habite près des centres des villes, plus on est éduqué et plus on est jeune, moins on soutient le populisme. Ce dernier est un mouvement profondément contraignant mais, malgré des reculs comme il y en a eu tant dans l'histoire, il y a des raisons de croire qu'il ne représente pas le futur. Je suis convaincu que depuis la Déclaration universelle des droits de l'homme, le monde a choisi son camp. Même si des désaccords persistent sur de nombreux sujets, plus personne ne souhaite revenir en arrière.

Propos recueillis par Anton Vos  
et Vincent Monnet



# SUR LES CHEMINS DE XANADU

DANS LE CADRE DE L'ACCORD STRATÉGIQUE LIANT L'UNIGE ET L'UNIVERSITÉ RENMIN, EN CHINE, UNE DIZAINE D'ÉTUDIANTS SONT PARTIS CET ÉTÉ **SUR LES TRACES DE LA CAPITALE MYTHIQUE DE KUBILAÏ KHAN.**

« **E**t il y a un très beau palais de marbre. Les chambres dedans sont toutes peintes à l'or, à images et à figures de bêtes et d'oiseaux et d'arbres et de fleurs de plusieurs manières si bien et si finement que c'est un plaisir et une merveille à voir. Autour de ce palais il y a des murs qui comprennent 16 milles de terres, où il y a des sources et rivières et assez de belles prairies. » Cette cité devant laquelle s'émerveille le Vénitien Marco Polo à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, c'est Shangdou ou Xanadu, la mythique capitale estivale de Kubilai Khan, petit-fils du redouté Gengis Khan et premier empereur mongol de Chine. Et c'est aussi la destination finale d'un groupe d'une dizaine d'étudiants genevois partis cet été sur les traces du « grand seigneur des seigneurs » dans le cadre d'un projet mené en commun avec l'Université pékinoise Renmin depuis 2018.

« J'ai été mis en contact avec mon homologue chinois, le professeur Jian Wei, par l'Institut Confucius, dans le cadre de l'accord stratégique qui lie nos deux institutions, pose Lorenz Baumer, professeur d'archéologie classique à la Faculté des lettres et pilote du volet genevois de l'opération. Notre première rencontre s'est faite en

Suisse. Le professeur Wei ne parle que le chinois – langue dont je ne saisis pas un mot – mais nous sommes assez vite aperçus que nous pouvions parfois nous passer de traducteurs. Entre archéologues, on arrivait à se comprendre en faisant des gestes avec nos mains pour mimer une stratigraphie ou un processus d'érosion. »

De cette prise de contact fructueuse naît un projet découpé en trois séquences : l'accueil d'étudiants chinois à Genève, l'envoi de leurs homologues genevois en Chine et une série de colloques ainsi qu'une exposition conjointe pour clore le programme. Le tout avec, en toile de fond, un questionnement scientifique commun : mieux cerner l'ampleur et la chronologie des relations entre l'Orient et l'Occident.

**Regards croisés** « Il y a chez le professeur Wei une vraie ouverture et un grand intérêt pour tout ce qui touche à la circulation du savoir à l'époque antique, précise Lorenz Baumer. De mon côté, j'ai beaucoup travaillé sur l'importation de la soie chinoise dans le monde romain et je me demande depuis longtemps comment les Romains ont payé ces marchandises. Est-ce qu'on peut trouver trace d'une quelconque forme de retour plus ancienne que les attestations indirectes qui



Site de Xanadu, Mongolie intérieure, 27 août 2010.

*prouvent l'existence de contacts entre la Chine et le monde méditerranéen dès le II<sup>e</sup> siècle ? »*

C'est donc avec l'idée de porter un regard croisé sur deux civilisations très différentes, chose encore rare en archéologie, qu'une dizaine de doctorants chinois ont été accueillis en Suisse pour une durée de dix jours en juillet 2018. Au programme: échanges sur les techniques de fouilles et de documentation réciproques, sensibilisation à la céramique et à l'architecture romaines, visites de sites archéologiques romains (Martigny, Kaiseraugst), ainsi que deux jours de fouilles à Avenches.

*« Deux mois après le retour de ces étudiants en Chine, j'ai reçu une photographie qui m'a fait tomber de ma chaise, restituée Lorenz Baumer. Elle montrait les restes de quelque chose qui pourrait ressembler à une construction romaine au beau milieu de la Chine centrale, chose qui, théoriquement, n'est pas censée exister. Il s'agit d'une découverte importante qui accredit l'idée que les échanges entre l'Orient et l'Occident ont été plus précoces et plus intenses que ce que l'on*

*pensait jusqu'ici. Et sans leur séjour à Genève, ils n'y auraient peut-être pas prêté attention. »*

**Pékin express** Menée cet été, la seconde partie du projet a, elle aussi, été riche d'enseignements pour la dizaine d'heureux élus genevois qui se sont envolés pour un périple de près de 8000 kilomètres en compagnie du

## À XANADU, JIAN WEI, QUI A FOUILLÉ LES LIEUX PENDANT QUATORZE ANS, EST COMME DANS SON JARDIN

professeur Baumer. Après une brève escale à Pékin, c'est en bus que le petit groupe, guidé par le professeur Wei et une partie de ses élèves, met le cap sur le nord et les vastes plaines du pays mongol. Avant de rejoindre la capitale d'été de Kubilaïs Khan, une première



### Xanadu

L'ancienne capitale de Kubilaï Khan, aussi appelée Shangdou, a été bâtie entre 1252 et 1256. Elle a été détruite en 1358.

**Situation:** en Mongolie intérieure, à 275 km au nord de Pékin.

**Superficie:** 4,84 km<sup>2</sup>



escale est prévue sur un site néolithique de près de 9 millions de mètres carrés perdu au beau milieu de nulle part. C'est l'occasion de se former aux techniques de fouilles locales en pistant – chose inédite pour les étudiants genevois – des traces de charrues modernes. « Dans la Chine ancienne, on construisait essentiellement en bois et en brique crue, ce qui fait que les vestiges importants sont relativement rares, explique Flore Higelin, doctorante au Département des sciences de l'Antiquité et membre de l'expédition genevoise. *À défaut d'être spectaculaire, cette expérience nous a permis de découvrir comment nos homologues s'y prenaient pour quadriller le terrain et documenter leurs résultats, ce qui était loin d'être sans intérêt.* »

Point d'orgue du voyage, Xanadu a, elle aussi, beaucoup perdu de la splendeur qui, au travers des œuvres du poète Samuel Taylor Coleridge, de l'écrivain Jorge Luis Borges ou du réalisateur Orson Welles, lui a valu une place à part dans l'imaginaire collectif occidental.

Un demi-siècle après le retour de Marco Polo en Italie, à la suite de la révolte des Turbans Rouges, qui provoqua la chute de la dynastie Yuan (fondée par Kubilaï Khan) et son

remplacement par la dynastie Ming, la cité a en effet été rasée. De la « ville extérieure » qui mesurait 2,2 kilomètres de côté, comme de la « ville intérieure », qui atteignait 1,4 kilomètre de côté, il ne reste aujourd'hui que quelques ruines éparées, tout de même inscrites au Patrimoine mondial de l'Unesco et visitées par près de 3 millions de personnes chaque année. Jian Wei, qui a fouillé les lieux pendant quatorze ans, y est dans son jardin. Connaissant chaque pierre et chaque vestige digne d'intérêt, il n'a aucune peine à retenir l'attention de son auditoire. « Construite pour maintenir le contact entre l'empire et les peuples des steppes, Xanadu est une ville complexe organisée en poupée gigogne, précise Virginie Nobs, chercheuse postdoctorale au Département des sciences de l'Antiquité, qui était également du voyage. *Le professeur Wei nous a emmenés dans tous les coins stratégiques du site afin de nous en faire comprendre le fonctionnement dans les moindres détails, ce qui était assez fascinant.* »

**Steppes en fleurs** La visite s'achève par l'ascension d'une colline qui surplombe l'ensemble du site, offrant un panorama à couper le souffle. « *Le spectacle de ces steppes*

*couvertes de fleurs s'étendant à perte de vue avait quelque chose de féérique, confirme Lorenz Baumer. Ce fut un moment assez unique de partage et d'émotion qui témoigne bien de la volonté de nos hôtes de tout faire pour rendre notre séjour aussi agréable que possible.* »

À chaque halte, la délégation genevoise est ainsi reçue en grande pompe par les notables locaux. S'ensuit un repas, souvent aussi copieux que savoureux, accompagné d'une ribambelle de toasts en hommage aux visiteurs. « *La contrepartie, raconte Flore Higelin, c'est que nous devons aussi trinquer. Et l'alcool local étant plutôt fort, nous avons rapidement eu un peu de mal à suivre la cadence. Heureusement, nos hôtes ne se sont pas montrés trop regardants sur le contenu de nos verres.* »

Et Virginie Nobs de renchérir : « *L'immense avantage de ce genre de voyage, c'est de pouvoir découvrir un pays autrement que dans la peau d'un simple touriste et de pouvoir réellement approcher la culture locale. Et ceci, dans des conditions idéales, puisque nous avons constamment été aidés par les étudiants chinois lorsqu'il s'agissait de faire face aux petites difficultés du quotidien comme prendre une chambre d'hôtel, trouver un taxi ou commander un plat au restaurant.* »



Échanges pratiques sur les techniques de fouilles entre étudiants genevois et chinois sur le site néolithique de Jijiazhuang. Province d'Hebei, Mongolie intérieure, 24 juillet 2019.

Enrichissante sur le plan humain, en dépit de quelques habitudes locales pouvant être un peu déstabilisantes pour de jeunes Occidentaux, l'aventure a également débouché sur des échanges de qualité au niveau scientifique, notamment lors du séminaire commun organisé au sortir du bus lors du retour à Pékin.

**Gengis Khan version 3D** Partagés en deux groupes, étudiants chinois et genevois avaient pour mission de réfléchir en commun à un certain nombre de questions avant de partager le résultat de leurs réflexions devant l'ensemble des participants. *«Malgré des façons de travailler différentes – le groupe chinois fonctionnant selon une logique assez hiérarchisée, le nôtre se voulant plus participatif –, nous sommes tous arrivés à des résultats similaires, constate Thomas Kerboul, futur doctorant du Département des sciences de l'Antiquité. Sur tout ce qui touche aux aspects matériels, nous avons constaté plus de convergences que de divergences.»*

Il n'en va pas forcément de même pour l'emploi qui est fait des restes archéologiques ou pour l'utilisation d'éventuelles copies. L'Occident voue en effet aujourd'hui un véritable culte à l'original, tout en considérant les moulages comme des objets d'étude faisant partie intégrante du patrimoine et en s'efforçant de rendre explicite toute restauration intervenant sur un site.

En Chine, en revanche, le fait de remplacer une pièce originale par une copie sans autre forme d'explication ne pose pas de problème particulier. De nombreux temples détruits lors de la période maoïste ont ainsi été reconstruits récemment « à l'identique » mais en utilisant des matériaux et des techniques

contemporains. Ailleurs, une dalle de béton a purement et simplement été coulée sur les fondations d'un édifice ancien afin d'en rendre le volume perceptible, mesure qui a rendu inaccessibles les vestiges situés en dessous, tandis qu'en Mongolie, c'est une représentation 3D de Gengis Khan parlant à ses généraux avant de prendre une ville dans une mise en scène haute en couleur qui accueille les visiteurs d'un musée.

*«Leur système de pensée reste très différent du nôtre, concède Lorenz Baumer, mais il fait pleinement sens. En Chine, l'archéologie est*

## « LEUR SYSTÈME DE PENSÉE RESTE TRÈS DIFFÉRENT DU NÔTRE MAIS IL FAIT PLEINEMENT SENS »

*une science relativement jeune dans laquelle le pouvoir investit aujourd'hui de façon massive parce que cela constitue une excellente façon de créer un sentiment d'appartenance commune, tout en renforçant les identités régionales. Même s'il y a parfois un côté parc d'attractions, la muséographie est un domaine en plein essor. Partout, dans les villes de moyenne importance on voit émerger des musées au design « high-tech »*

*qui témoignent de cette volonté de mettre en valeur le patrimoine local, quitte à privilégier parfois la signification plutôt que l'authenticité. Nous nous devons bien sûr de prendre en compte cette dimension politique dans nos relations mais elle ne doit pas occulter la fantastique opportunité que représente l'ouverture dont font aujourd'hui preuve les autorités chinoises.»*

**Cours inédit** Un changement de climat dont l'équipe de Lorenz Baumer entend bien continuer à tirer profit au cours des mois et des années à venir. Cet hiver déjà, Virginie Nobs et sa collègue Patrizia Birchler Emery, chargée de cours à l'Unité d'archéologie classique, retourneront ainsi à Pékin pour animer un module de cours d'une semaine dédié à l'archéologie méditerranéenne, sujet qui n'a encore jamais été abordé sur les bancs de l'Université Renmin. Depuis la mi-octobre, deux doctorants chinois sont par ailleurs arrivés à Genève pour un séjour de recherche et de formation, tandis que dix autres étudiants sont attendus en septembre 2020 pour participer aux fouilles menées en Sicile. Enfin, cette même année 2020 donnera lieu à une exposition conjointe – présentée à la fois à la Salle des moulages de l'UNIGE et au Musée de l'Université Renmin – qui permettra d'aborder la notion de copie sous plusieurs angles, au travers de différentes classes de matériaux archéologiques.

Vincent Monnet

Jules César est de retour à Genève. Si la présence romaine en Chine fait encore l'objet de nombreuses conjectures (lire ci-dessus), elle est naturellement bien établie à Genève, cité passée sous domination romaine dès le II<sup>e</sup> siècle avant J.-C. Jules César, qui est d'ailleurs le premier à mentionner le nom de la cité dans son *Commentaire de la Guerre des Gaules*, y fait même halte en 52 av. J.-C. afin de détruire le pont enjambant le Rhône, empêchant

du même coup les tribus helvètes de gagner le territoire gaulois. Il est aujourd'hui de retour sous la forme d'une statue de 3 mètres de haut et pesant plus de 3 tonnes qui accueille depuis octobre les visiteurs de la Salle des moulages de l'UNIGE. Fabriquée dans les années 1980, la pièce était jusqu'ici exposée sur le forum jouxtant le Musée romain de Nyon. Trop fragile pour résister plus longtemps aux intempéries, elle a été remplacée récemment

par une nouvelle copie réalisée dans des matériaux plus résistants, ce qui a permis son arrivée à Genève avec le soutien de l'Association genevoise d'archéologie classique qui en a fait don au Département des sciences de l'Antiquité. L'original, qui date du II<sup>e</sup> siècle, est, quant à lui, inaccessible au public puisqu'il se trouve dans une des salles du Conseil à Rome. *«Avec le sarcophage de marbre qui a été restitué aux autorités*

*turques en 2017, c'est la plus imposante pièce que nous n'ayons jamais eu à manipuler, explique Lorenz Baumer, professeur à l'Unité d'archéologie classique. Cela a exigé des moyens importants ainsi qu'une très grande prudence. Si on ne fait pas attention, une pièce d'une telle taille et d'un tel poids peut se briser au niveau de la tête ou des chevilles sous l'effet de la pression au moment où on la redresse.»* VM

Vue de l'exposition  
«L'Appartement»,  
MAMCO, Genève



## Béatrice Joyeux-Prunel

Professeure ordinaire au  
Département d'histoire  
de l'art et musicologie  
(Faculté des lettres)

1977: Naissance à  
Montpellier (France).

1994: Baccalauréat.  
Prix du Concours général  
des lycées français en  
philosophie.

2005: Thèse de doctorat  
en histoire à l'Université  
Paris I Panthéon Sorbonne  
sur l'internationalisation  
de la peinture des avant-  
gardes parisiennes entre  
1855 et 1914.

2006: Prix Louis Forest  
de la Chancellerie des  
Universités de Paris.

2007: Maître de  
conférences en histoire  
de l'art contemporain  
à l'École normale  
supérieure.

2008: Prix du Musée  
d'Orsay.

2011: Lancement du  
projet ArtI@s.

2019: Titulaire de la chaire  
en humanités numériques  
à l'UNIGE.

# LA PASSE-MURAILLE DES HUMANITÉS NUMÉRIQUES

TITULAIRE DE LA NOUVELLE CHAIRE EN HUMANITÉS NUMÉRIQUES DE LA FACULTÉ DES LETTRES DEPUIS SEPTEMBRE 2019, L'HISTORIENNE DE L'ART CONTEMPORAIN **BÉATRICE JOYEUX-PRUNEL BOUSCULE LES HABITUDES DE SA DISCIPLINE EN QUESTIONNANT LES RAPPORTS ENTRE CENTRE ET PÉRIPHÉRIE AINSI QUE LA NOTION D'AVANT-GARDE.**

« **J**'ai longtemps fui les musées. C'est quelque chose qui me saoulait. Je me suis finalement décidée à franchir les portes du Louvre à l'âge de 19 ans, lorsque j'ai compris que je pouvais y entrer gratuitement avec ma carte d'étudiante. Pour une provinciale comme moi, ce pas est longtemps resté un obstacle qui semblait insurmontable. » Titulaire de la nouvelle chaire en humanités numériques ouverte cette année par la Faculté des lettres, créatrice du groupe international de recherche Artl@s et auteure d'une trilogie sur les avant-gardes artistiques de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à la fin du XX<sup>e</sup> plébiscitée par la critique, Béatrice Joyeux-Prunel est une sorte d'ovni dans le monde encore très masculin et très parisien des critiques d'art francophones. « Montée » à Paris pour terminer ses études secondaires, elle a bifurqué sur le tard vers ce qui est aujourd'hui sa discipline de prédilection en se donnant d'emblée pour credo de focaliser son attention non pas sur les œuvres mais sur les conditions de leur production. Une démarche originale et innovante qui s'appuie largement sur les possibilités ouvertes ces dernières années par le développement des nouvelles technologies.

Fille de province, mère de quatre enfants et écologiste revendiquée, Béatrice Joyeux-Prunel est la preuve vivante que l'on peut tordre le cou aux mécanismes de reproduction sociale décrits par le sociologue Pierre Bourdieu, dont elle est par ailleurs une lectrice assidue. Le tout comme si c'était la chose la plus naturelle au monde.

Née à Montpellier, la future chercheuse quitte les ruelles médiévales de la cité occitane pour les grandes avenues de la capitale lorsque son père, chirurgien de son état, se voit offrir la possibilité d'ouvrir son propre service au sein de l'Institut Curie. Dans la foulée, elle intègre le très prestigieux et sélectif lycée Henri IV.

**« APRÈS AVOIR EU UN PRIX DANS CETTE DISCIPLINE, J'AI OBTENU UN 1/20 AU BAC PHILO, CE QUI A ENTRAÎNÉ UNE POLÉMIQUE MÉDIATIQUE ET UNE RÉFORME DES CRITÈRES DE NOTATION »**

**Sur des rails** « À partir de ce moment-là, j'étais sur des rails, se souvient la principale intéressée. À condition de travailler suffisamment, ce qui implique d'adopter par moments un rythme de vie assez monacal, cet établissement ouvre en effet une voie royale vers les grandes institutions que sont l'École normale supérieure (ENS), l'École polytechnique ou l'École des chartes. » Pour Béatrice Joyeux-Prunel, ce sera « Normale sup » où elle entre après deux ans

de préparation intensive dans une filière littéraire-scientifique assez nouvelle à l'époque. « Je me voyais bien devenir philosophe, précise-t-elle, notamment parce que j'avais eu un prix dans cette discipline en Terminale. L'idée de poursuivre dans cette direction avait été confirmée de manière un peu paradoxale lors de l'épreuve du Baccalauréat, où j'avais eu la note de 1/20. Ce résultat avait en effet suscité une polémique médiatique et justifié une réforme des critères de notation au Bac philo. »

**Virage vers l'art** Sur le campus ancestral de la montagne Sainte-Geneviève, les quatre années qui suivent sont faites de rencontres, d'études et de débats dans des clubs d'étudiants où règnent une forte émulation et un très grand esprit de liberté. « Le grand avantage de cette formule, poursuit Béatrice Joyeux-Prunel, c'est que l'État vous donne un salaire

pendant vos études, en échange de quoi, vous vous engagez à donner dix ans de votre vie professionnelle à la collectivité publique une fois que vous êtes formé. Du coup à 19 ans, j'étais déjà autonome. »

Reste à la jeune fille à choisir la voie qui lui permettra d'exprimer au mieux ses capacités. En attendant, tout en poursuivant sa formation en sciences sociales à l'ENS, elle entame deux bachelors (un en philosophie, l'autre en histoire à l'Université Paris I Panthéon Sorbonne).

«Extraction, Canada – 2008», par Yann Arthus-Bertrand. Béatrice Joyeux-Prunel travaille notamment à une histoire visuelle et culturelle du pétrole à travers ses représentations.

Intéressée par les utopies de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et l'engagement des historiens en politique, elle se découvre un tout nouveau goût pour l'histoire de l'art lors d'un séjour d'une année à Berlin, non sans avoir au préalable passé une agrégation en histoire-géographie qui lui permet d'enseigner dans le secondaire et donc de disposer d'un parachute si les choses venaient à mal tourner. *«Jusque-là, je ne m'étais pas trop posé de questions, restitue Béatrice Joyeux-Prunel, mais les choses ont commencé à se compliquer au moment de choisir un sujet de thèse. Et, comme 95% des gens qui se trouvent dans cette situation, je n'ai pas forcément pris la meilleure option.»*

Son projet initial porte sur l'esthétisme en politique, sujet qui s'avère rapidement assez rébarbatif. *«Ce que je trouvais génial chez Pierre Bourdieu, c'est que sa pensée aide à se situer dans une trajectoire sociale, explique-t-elle. Pour quelqu'un venu de province comme moi, c'était très éclairant. J'ai donc décidé de faire la même chose avec la population sur laquelle je travaillais alors, à savoir les artistes impliqués dans des réseaux utopistes internationaux. Cela en étudiant la manière dont leurs trajectoires s'étaient internationalisées et la circulation de leurs œuvres.»*

Pour l'aider à négocier ce virage, Béatrice Joyeux-Prunel se tourne vers Christophe Charle, un de ses anciens professeurs à la Sorbonne qui fut également un des premiers élèves de Bourdieu. Quoique convaincu par le projet, l'historien hésite un temps à donner son aval, avant de céder devant l'insistance de cette jeune femme qui fait le siège de son bureau.

**Voyage en terre inconnue** *«Je ne connaissais quasiment rien à l'histoire de l'art, concède Béatrice Joyeux-Prunel. Quand on débarque comme cela en territoire inconnu, la première chose à faire, c'est de se construire un point de vue général. En commençant à lire des catalogues d'exposition, je me suis aperçue qu'ils représentaient des sources essentielles pour savoir d'où les artistes venaient, où ils avaient exposé et où ils s'étaient rendus.»*

Pour consigner les informations qui s'accroissent progressivement, Béatrice Joyeux-Prunel a l'intuition que la solution la plus profitable consiste à créer une base de données, chose qui ne va pas de soi à l'époque. Appuyée par son mari, dont c'est le métier, elle se forme «sur le tas» aux technologies numériques, à la cartographie et à l'analyse de trajectoires tant individuelles que collectives,

tout en poursuivant des recherches plus traditionnelles dans les archives de plusieurs pays européens.

Il lui faudra cinq ans pour venir à bout de son programme. Dans l'intervalle, elle enseigne à l'Université de Reims, mais les choses ne s'enchaînent pas comme elle l'aurait souhaité. Enceinte de sept mois au moment de sa soutenance de thèse, elle tombe malade au point de devoir être hospitalisée, ce qui l'empêche de faire ses vœux pour obtenir un poste dans un bon lycée.

Elle se retrouve alors avec une affectation dans l'un des pires établissements de France, situé à deux heures de trajet de son domicile. Peu

## «L'IDÉE SELON LAQUELLE PARIS ÉTAIT LE CENTRE DE LA CULTURE AVANT 1945 ET QUE NEW YORK A REPRIS CE RÔLE UNE FOIS LA GUERRE TERMINÉE EST UN NON-SENS»

tentée par l'expérience, elle opte pour un congé parental d'une année, histoire d'avoir du temps pour écrire et publier.

**Le grand méchant loup** Même si sa thèse a été saluée par deux prix (celui de la Chancellerie des Universités de Paris et celui du musée d'Orsay), les travaux de Béatrice Joyeux-Prunel sont regardés d'un œil quelque peu sceptique par certains de ses pairs.

*«Je pense que ce qui dérangeait, c'était que je montrais que les artistes développaient des stratégies pour se faire connaître et vendre leurs œuvres, explique la chercheuse. Une démarche qui tuait un peu le mythe de «l'art pour l'art». J'avais parfois l'impression d'être le grand méchant loup mais dans un sens c'était stimulant parce que cela m'obligeait à argumenter et à consolider ma méthode.»*

Plutôt que de ronger son frein en attendant qu'une revue accepte l'un de ses articles, Béatrice Joyeux-Prunel se lance alors dans un ambitieux projet qui finira par mettre tout le monde d'accord : la rédaction d'une histoire sociale et mondiale des avant-gardes artistiques de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours dont les trois tomes (le dernier est à paraître) seront publiés par Gallimard. *«Le fait d'avoir un projet en route et un contrat chez un grand éditeur m'a donné le coup de pouce dont j'avais besoin, commente l'intéressée. À la fin de mon congé, j'étais censée retourner enseigner en lycée, mais au lieu de cela j'ai été recrutée au sein de l'École normale supérieure, d'abord avec un petit poste d'assistante temporaire, puis en tant que maître de conférences.»*

### Du numérique «pour les nuls»

La machine est désormais lancée. Les projets, comme les financements qui les soutiennent, s'enchaînent rapidement. Tout en poursuivant son histoire des avant-gardes, dont les périodes et l'aire géographique s'élargissent progressivement, Béatrice Joyeux-Prunel lance en 2009 le programme Artl@s dont l'objectif est double. En mettant en ligne une base mondiale de catalogues d'expositions, il s'agit, d'une part, de former les historiens de l'art ainsi que les spécialistes des

lettres aux méthodes numériques et, d'autre part, de leur donner accès à des ressources partagées (dans le cas présent près de 5000 catalogues) par le biais d'interfaces «pour les nuls» adaptées à un milieu dont le rapport aux sciences et aux technologies est parfois un peu traumatique. *«Le cheval de bataille d'Artl@s, c'est de montrer que l'idée selon laquelle Paris était le centre de la culture avant 1945 et que New York a repris ce rôle une fois la guerre terminée est un non-sens, argumente Béatrice Joyeux-Prunel. D'où l'intérêt d'associer au projet des régions souvent considérées comme périphériques comme le Brésil, le Japon et désormais Genève.»*

Suivant une logique similaire, GeoMAP permet, quant à lui, de cartographier avec précision le marché de l'art à l'échelle d'une ville. Testée pour Paris sur la période 1815-1955, la plateforme a déjà une petite sœur



YANN ARTHUS-BERTRAND

développée par l'Université de Cologne et elle devrait prochainement s'étendre à Beyrouth et à New York.

Né en 2016, Post-digital vise de son côté à analyser non seulement les productions contemporaines utilisant les technologies numériques mais aussi le discours que produisent les artistes sur la culture digitale. Les thèmes abordés jusqu'ici – sous la forme d'ateliers ou de rencontres entre chercheurs et artistes – touchent à des questions comme le rapport au temps, l'intelligence artificielle, la création automatisée ou la notion d'« anthropocène ».

Depuis cette année, Béatrice Joyeux-Prunel dirige par ailleurs un Centre d'excellence Jean Monnet financé par l'Union européenne dédié à l'étude des images « qui ont fait » l'Europe. (Imago).

« Ce Centre, basé à Paris, et qui héberge Artl@, sera déployé en partenariat avec l'UNIGE, où l'équipe que je suis en train de monter va travailler sur la circulation des images à une échelle mondiale, et pas seulement européenne, souligne Béatrice Joyeux-Prunel. Le Centre Imago est une belle occasion de consolider des collaborations internationales, notamment en finançant des échanges d'étudiants. Je me réjouis que le doyen de la Faculté des lettres ait accepté

que je coordonne cette opération depuis Genève. » Enfin, en marge de la COP21 sur le changement climatique qui s'est tenue en 2015 à Paris, Béatrice Joyeux-Prunel a commencé à s'intéresser au pétrole afin d'en dresser une histoire visuelle et culturelle au travers des représentations de l'« or noir », des usages du plastique ou encore du rapport à l'automobile. « Ce versant de mes recherches fait écho à mes convictions personnelles, justifie la chercheuse. Au sein de ma famille, parents comme enfants se revendiquent comme écologistes. Nous essayons de modérer notre consommation et nous avons décidé d'arrêter la voiture en 2011 pour passer au tout vélo, ce qui a considérablement simplifié notre vie quotidienne. »

**Soleil dans un ciel gris** C'est d'ailleurs avec l'accord du foyer dans son intégralité qu'a été prise la décision de rejoindre Genève et son université. « Nous avons choisi de poser nos valises à Thonon, précise Béatrice Joyeux-Prunel. Mon mari, qui cherche du travail entre Lausanne et Genève, a un petit faible pour la première et il se verrait bien faire les trajets en bateau. Quant aux enfants, ils adorent le ski et la montagne. De mon côté, j'ai également toutes les raisons d'être satisfaite. D'abord parce que le

poste que j'ai obtenu est très ambitieux: il s'agit en effet de fédérer les diverses forces engagées dans les humanités numériques au sein de l'institution, d'interagir avec l'ensemble des disciplines rassemblées au sein de la Faculté des lettres (la chaire en humanités numériques n'étant rattachée à aucun Département particulier), de créer des programmes d'enseignement permettant aux étudiants de se familiariser avec une approche critique du numérique et de lancer de nouveaux projets de recherche. Le tout s'annonçant tout à fait passionnant. Ensuite, parce que l'UNIGE est un creuset formidable pour quelqu'un qui travaille sur la mondialisation. J'ai aussi beaucoup d'admiration pour plusieurs de mes collègues genevois, notamment Dario Gamboni (professeur ordinaire à l'unité d'histoire de l'art, ndlr) que je considérerais à mes débuts comme un soleil dans le ciel gris de l'histoire de l'art. Enfin, je suis d'origine parpaillote: dans l'Hérault et le Gard d'où je viens, comme à Genève, on se fait trois bises pour se dire bonjour. De ce point de vue là au moins, je ne serai pas trop dépaysée. »

Vincent Monnet

<https://artlas.huma-num.fr/fr/>

# À LIRE

## CENT FIGURES MODÈLES POUR LES CHERCHEUSES DE DEMAIN

En dehors de Marie Curie (deux fois Prix Nobel pour ses travaux sur la radioactivité), de la primatologue Jane Goodall ou encore de Rachel Carson, auteure du célèbre *Printemps silencieux*, les figures féminines susceptibles d'inspirer une carrière scientifique ou technologique au sein des jeunes générations restent encore trop rares. Lancée au début du mois de novembre, la campagne

*100 femmes et des milliers d'autres* vise à combler cette lacune en proposant une galerie de portraits constituée de femmes, en majorité chercheuses ou ingénieures, s'étant distinguées par leur parcours professionnel en Suisse occidentale, en Franche-Comté et au Tessin. Âgées de 25 à 72 ans, les personnalités retenues – parmi lesquelles figurent une quinzaine de professeures de l'Université de Genève – se racontent au travers d'un questionnaire de Proust, d'une brève présentation de leur parcours et d'un portrait photographique. Traduit en trois langues (français, anglais et italien), le propos permet de prendre la mesure du sexisme et des discriminations qui minent encore nos sociétés, tout en rendant hommage à l'intelligence et à la persévérance dont ont dû faire preuve ces femmes

pour conquérir la place qu'elles s'étaient choisie dans le monde. « *Toutes ces femmes ont su saisir leur chance*, complète Brigitte Mantilleri, responsable du Service égalité de l'UNIGE et coordinatrice du projet. *Mais les rencontres qu'elles ont pu faire au cours de leur carrière ont souvent été révélatrices. Et à cet égard, le rôle joué par les hommes a parfois pu servir de déclencheur. Il est donc essentiel que ceux-ci s'impliquent aussi dans ce combat.* » Pour faire passer au mieux le message, le projet *100 femmes* se décline sur trois supports : un ouvrage de près de 400 pages tiré à 2000 exemplaires, un site web dédié et une trentaine de capsules vidéo, de une à trois minutes chacune. S'inscrivant dans le cadre du programme Interreg France-Suisse PILE et d'un projet de coopération de swissuniversities, la campagne sera soutenue par diverses actions – conférences ou événements – organisées dans les régions concernées avec le soutien des départements genevois et vaudois de l'Instruction publique. VM

« *100 femmes et des milliers d'autres* », Service égalité de l'Université de Genève, 383 p.

## LA MORALE DU NOUVEAU PROMÉTHÉE

S'appuyer sur les progrès de la médecine, de la technologie, de l'informatique et de la robotique pour créer un être humain plus intelligent, plus fort et plus résistant aux maladies : tel est le projet que poursuit le transhumanisme (lire *Campus* n° 137). Mais à trop vouloir se prendre pour Dieu, l'humanité ne risque-t-elle pas de se brûler les ailes ? Un scénario catastrophe auquel Bernard Baertschi, membre de l'Institut Éthique, Histoire, Humanités de la Faculté de médecine, ne croit pas vraiment. Sans minimiser les difficultés liées à l'utilisation de la génétique, de la robotique ou de l'intelligence artificielle, l'auteur estime en effet que les moyens utilisés aujourd'hui pour permettre à l'homme de dépasser les limites fixées par la nature, qui cristallisent pourtant beaucoup d'hostilité, ne sont en eux-mêmes pas plus problématiques que ceux utilisés tout au long de l'histoire. Quant au but poursuivi, il reste fondamentalement en accord avec un projet vieux comme le monde, « *celui de rendre le monde que nous habitons plus humain* ». Ce, à condition, toutefois, que cela soit aux citoyens de déterminer quels risques valent la peine d'être courus en fonction des bénéfices attendus tant sur le plan individuel que collectif.

« *De l'humain augmenté au posthumain. Une approche bioéthique* », par Bernard Baertschi, Ed. Vrin, 194 p.



## LES CLÉS DE LA « BIBLE » DU DROIT DES FEMMES

Le 18 décembre 1979, après trente ans de travaux, l'Assemblée générale des Nations unies adopte la première convention internationale décrivant les droits spécifiques des femmes : la Cedef ou *Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes*, texte qui sera complété vingt ans plus

tard par un protocole facultatif. Ratifiée par 189 États et comportant 30 dispositions énumérant des droits individuels dans tous les domaines de la société (économie, droit, famille, travail, culture, santé...), la Convention représente, aujourd'hui encore, l'instrument normatif international le plus complet en matière de protection des droits des femmes. À l'occasion du 40<sup>e</sup> anniversaire de la Cedef, Maya Hertig Randall, Michel Hottelier et Karine Lempen, tous trois professeurs à la Faculté de droit, éditent le premier commentaire offrant un exposé systématique de ces instruments en français. Rédigé par 36 contributrices et contributeurs, l'ouvrage est le fruit de quatre années de travail et ambitionne de rendre plus accessible cet instrument encore trop peu connu par les juristes, les tribunaux et les organes de l'État. VM



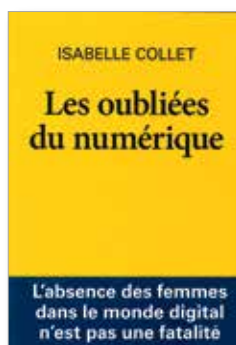
« **La Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes et son protocole facultatif. Commentaire** », par M. Hertig Randall, M. Hottelier et K. Lempen (éds.), Éd Schulthess, 786 p.



### L'ESSENCE DU RELIGIEUX

Remontant le cours de la pensée occidentale jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, Nicolas Meylan fait dialoguer dans cet ouvrage 11 définitions originales de la religion formulées par autant d'anthropologues, de sociologues et d'historiens des religions.

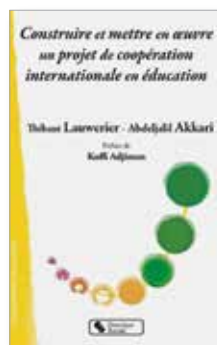
« **Qu'est-ce que la religion ?** » par Nicolas Meylan, Ed. Labor et Fides, 200 p.



### DÉGENERER LE NUMÉRIQUE

L'informatique est un monde qui a longtemps été placé sous la domination exclusive des hommes. Mais le partage du pouvoir numérique s'amorce depuis quelques années, constate Isabelle Collet dans cet ouvrage fruit de quinze ans d'études sur le sujet.

« **Les Oubliées du numérique** », par Isabelle Collet, Ed. Le Passeur, 219 p.



### ÉDUCATION ET COOPÉRATION

Cet ouvrage présente un éventail d'instruments destinés à concevoir des projets éducatifs pertinents dans le domaine de la coopération. Il livre également des clés pour les évaluer ainsi qu'une réflexion sur les évolutions possibles de tels projets.

« **Construire et mettre en œuvre un projet de coopération internationale en éducation** », par T. Lauwerrier et A. Akkari, Éd. Chronique sociale, 120 p.



### PLEINE CONSCIENCE À LIVRE OUVERT

La technique méditative de la pleine conscience est d'une utilité reconnue pour lutter contre le stress, les troubles anxieux ou les risques de rechute dépressive. Les auteurs de ce livre éclairent son origine et sa portée, tout en proposant une initiation à sa pratique.

« **La Méditation de pleine conscience** », par A. Zerbini, G. Bondolfi, F. Jermann et B. Weber, Éd. Planète santé, 150 p.

# THÈSES DE DOCTORAT

## DROIT

### COCO, ANTONIO

The Defence of Mistake of Law in International Criminal Law

**Dir. Gaeta, Paola; Roth, Robert**  
2019, D. 965 | Web\*: 120397

### HÄNNI, DOMINIQUE

Vers un principe d'intégrité de l'administration publique: La prévention de la corruption en droit administratif

**Dir. Flueckiger, Alexandre**  
2019, D. 968 | Web\*: 121022

### KOAGNE ZOUAPET, APOLLIN

Les immunités dans l'ordre juridique international: le prisme de la constance

**Dir. Boisson de Chazournes, Laurence; Mbengue, Makane Moïse**  
2019, D. 966 | Web\*: 121537

## LETTRES

### ALTINAWI, MOHAMAD

Identification des besoins langagiers en français des étudiants à la Faculté des lettres de l'Université de Damas (Syrie): le FOS est-il nécessaire à côté du français général?

**Dir. Forel, Claire Antonella**  
2019, L. 941 | Web\*: 117087

### BONAN, CATERINA

On clause-internally moved wh-phrases: wh-to-foc, nominative clitics, and the theory of Northern Italian wh-in situ

**Dir. Shlonsky, Uri; Bocci, Giuliano**  
2019, L. 944 | Web\*: 119060

### DUBOIS, ANNE-LYDIE

Éduquer l'homme, former la masculinité laïque: réflexions et pastorale mendiantes au XIII<sup>e</sup> siècle

**Dir. Morenzoni, Franco**  
2019, L. 945 | Web\*: 119921

### ISENSEE, CHRISTINA

Der quixoteske Held im Roman des Realismus und der Moderne: Entwurf einer kognitiven Interfiguralität: Flaubert – Raabe – Conrad – Fitzgerald

**Dir. Winkler, Markus**  
2016, L. 853 | Web\*: 121242

### JERMINI, FABIO

Le rime di Cecco Angiolieri: edizione critica

**Dir. Leporatti, Roberto**  
2019, L. 942 | Web\*: 118030

### PIRICÒ, MATTEO LUIGI

Musica e apprendimento: uno studio tra scienze cognitive e didattica sulla trasferibilità delle abilità musicali nei domini delle competenze chiave

**Dir. Boccadoro, Brenno**  
2019, L. 954 | Web\*: 120402

### SCHLAEPFER ARMINJON, ANNE-FRÉDÉRIQUE

Le « roman anglais » chez Catherine Colomb, Alice Rivaz et Monique Saint-Hélière: une approche transnationale de la littérature romande

**Dir. David, Jérôme**  
2019, L. 955 | Web\*: 121460

### SILVA RESESES, LUIS RÉMIGIO

Deducti, traducti: les déplacements de communautés organisés par Rome en Italie et dans la péninsule Ibérique (268-13 av. J.-C.)

**Dir. Sánchez, Pierre**  
2019, L. 951 | Web\*: 120066

## LETTRES

### MOURON, GAULTIER

#### « PUISSES-TU SORTIR À LA VOIX D'ANUBIS, ET ÊTRE TRANSFORMÉ EN AKH » (TP 437): RECHERCHES SUR L'ÉVOLUTION DES FUNÉRAILLES SOUS L'ANCIEN EMPIRE ÉGYPTIEN, À LA LUMIÈRE DES DIVERSES FONCTIONS DU « WT »

Les acteurs des funérailles égyptiennes sont bien connus, pour la plupart, mais seuls les plus importants ont jusqu'ici fait l'objet d'une recension complète. Les commentaires et remarques faits jusqu'ici par les chercheurs à propos du personnage du « wt », ritualiste récurrent des scènes funéraires de l'Ancien Empire, restaient sommaires et ne faisaient pas honneur aux fonctions multiples de ce professionnel des rites funéraires. Cette étude permet, par le biais de l'iconographie, de la paléographie, de la lexicographie, de la prosopographie, ainsi que de l'analyse des textes littéraires ou funéraires, d'approcher sous un angle nouveau l'étendue de la charge de ce personnage et l'évolution de celle-ci. Considéré jusqu'à présent comme un embaumeur, le « wt » semble être bien plus que cela. L'évolution de la fonction à l'Ancien Empire permet de souligner, de manière diachronique, les diverses mutations qu'a subies la religion funéraire tout au long de la période étudiée.

**DIR. COLLOMBERT, PHILIPPE**

2019, L. 953 | Web\*: 120748

### TAKAHASHI, KATSUYA

La nature de l'a priori: Kant et la théorie de la connaissance aujourd'hui

**Dir. Engel, Pascal**  
2019, L. 940 | Web\*: 117086

### TERRIER, AURÉLIE ANNE-LAURE

Le lieu-dit « Vescovado » dans l'ancienne ville d'Akerentia, étude archéologique d'un ensemble monumental au cœur de la Calabre

**Dir. Terrier, Jean; Reveyron, Nicolas**  
2019, L. 947 | Web\*: 121483

### WALKER, JAN

Finitist Axiomatic Truth

**Dir. Correia, Fabrice; Strahm, Thomas**  
2019, L. 950 | Web\*: 120650

## ÉCONOMIE ET MANAGEMENT

### BEDIANG, GEORGES WYLFRED

Un modèle sémantique basé sur les ontologies pour le partage et la réutilisabilité des itinéraires cliniques à travers le contexte (ShaRE-CP)

**Dir. Falquet, Gilles; Geissbuhler, Antoine**  
2019, GSEM 68 | Web\*: 123705

### CATENAZZO, GIUSEPPE

Three essays on product defects, recovery effects and quality perceptions

**Dir. Paulssen, Marcel**  
2018, GSEM 62 | Web\*: 122801

### DOELL, OLIVIA

Four essays in behavioral economics and information security

**Dir. Preuschoff, Kerstin; Maillart, Thomas**  
2019, GSEM 70 | Web\*: 122601

### MOHAMMED, AKRAM ADBULGHANI HEZAM

A reference model for securing IoT

**Dir. Konstantas, Dimitri; Nijdam, Niels Alexander**  
2019, GSEM 72 | Web\*: 123701

## MÉDECINE

### ABBAS, MOHAMED

Bactériémies à « Staphylococcus aureus » chez les patients adultes dans un hôpital tertiaire: épidémiologie et effets de la durée du traitement sur la mortalité et la rechute

**Dir. Uckay, Ilker; Kaiser, Laurent**  
2019, Méd. 10945 | Web\*: 118606

### AL JARRAH, UDAY

Analyses des altérations structurales et morphologiques de l'email après différentes méthodes de conditionnement de surface

**Dir. Krejci, Ivo**  
2019, Méd. dent. 766 | Web\*: 121459

### ANDRADE GUIMARAES, VANESSA

Role of RNA1 and RNase J1 in controlling plasmid replication in staphylococcus aureus

**Dir. Linder, Patrick**  
2018, Sc. Vie – Bioméd. 5 | Web\*: 120404

### BEDAT, BENOÎT

L'impact de l'indice de masse corporelle du receveur sur la survie des greffons pancréatiques

**Dir. Berney, Thierry**  
2019, Méd. 10940 | Web\*: 119184

### BERNEY, SYLVAIN

Médecines complémentaires dans une population consultant pour des problématiques d'alcool et/ou de tabac: utilisation, attentes et croyances

**Dir. Broers, Barbara; Favrod-Coune, Thierry**  
2019, Méd. 10939 | Web\*: 118019



## MÉDECINE

**GNASSINGBE, AFEIGNINDOU****PROBLÉMATIQUE DE LA LUTTE CONTRE LES FAUX MÉDICAMENTS : ÉTAT DES LIEUX DE L'ACTION PUBLIQUE ET ÉLABORATION DE STRATÉGIES ALTERNATIVES**

La diffusion et l'utilisation inconsidérées de « faux médicaments » en Afrique subsaharienne ont des conséquences sanitaires dramatiques. L'objectif de cette thèse est de faire un état des lieux de la lutte publique contre ces médicaments au Togo et de proposer une stratégie inclusive contribuant à son renforcement. Cette recherche a consisté, d'une part, en une revue documentaire critique et, d'autre part, en une enquête quantitative et qualitative de type ethnographique dans la commune de Lomé et la région maritime. Elle s'est concentrée sur les vendeurs, les consommateurs et les dispositifs de lutte. L'analyse des résultats laisse entrevoir que le commerce des faux médicaments s'installe durablement, présageant de lourdes conséquences sur la santé publique et l'économie nationale. Les performances de la lutte semblent minées par divers facteurs dont le faible engagement de l'État. La stratégie proposée implique davantage d'engagement répressif et pénal, la réduction de la pauvreté, la lutte contre la corruption et la couverture sanitaire universelle.

**DIR. GEISSBUHLER, ANTOINE**

2018, Sc. BioMéd. – S.Glob. 1 | Web\*: 117300

**CHATZIS, NIKOLAOS**

Progression du kératocône et effet de la réticulation du collagène cornéen chez les enfants et adolescents

**Dir. Hafezi, Farhad**

2019, Méd. 10938 | Web\*: 117762

**ELNOUR, MUTASIM**

La dégradation de surface des résines composites pour les restaurations directes : usure et perte de la brillance de surface

**Dir. Krejci, Ivo**

2019, Méd. dent. 762 | Web\*: 118263

**GARDIJAN, NADJA**

Déterminants de l'évolution clinique des sujets âgés avec pathologies psychiatriques en intrahospitalier : application de l'échelle HoNOS

**Dir. Giannakopoulos, Panteleimon**

2019, Méd. 10948 | Web\*: 120460

**GENTON, AUDREY MARTINE**

Le syndrome post-soins intensifs au travers d'une consultation de suivi après les soins intensifs

**Dir. Ricou, Bara**

2019, Méd. 10951 | Web\*: 121675

**HIRSCHEL, JESSICA**

Une étiologie rare de cardiomyopathie pédiatrique réversible illustrée par une présentation de cas et revue de littérature

**Dir. Beghetti, Maurice**

2019, Méd. 10932 | Web\*: 120772

**JUCHLER, CÉLINE**

Évolution de l'épidémiologie bactérienne dans les infections ostéo-articulaires pédiatriques à Genève

**Dir. Ceroni, Dimitri**

2018, Méd. 10917 | Web\*: 118574

**KRAIEM BEN RACHED, MOHAMED AYMEN**

Comparaison de deux modèles de prédiction de la mortalité précoce des patients après un traumatisme crânio-cérébral sévère

**Dir. Walder, Bernhard**

2019, Méd. 10943 | Web\*: 119061

**LAUPER, NICOLAS**

La monoarthrite septique primaire doit-elle être considérée comme une urgence chirurgicale immédiate ?

**Dir. Hannouche, Didier; Uckay, Ilker**

2018, Méd. 10915 | Web\*: 121357

**MANZOCCHI BESSON, SARA**

Multiple arteriovenous malformations caused by RASA1 gene mutation presenting during pregnancy-a case report and review of the literature

**Dir. Righini, Marc Philip; Bounameaux, Henri**

2019, Méd. 10942 | Web\*: 119890

**MARTI LINDEZ, ADRIA-ARNAU**

Arginase 2 as a metabolic immune checkpoint in anti-tumor immunity

**Dir. Reith, Walter**

2019, Sc. Vie – Bioméd. 11 | Web\*: 118259

**MAST, PASCAL**

Cavités pour scellements de fissures préparées à l'aide du laser et restaurées avec du bond : analyse MEB et OCT de l'adaptation marginale et interne

**Dir. Krejci, Ivo**

2018, Méd. dent. 755 | Web\*: 121239

**MONTEVENTI, OLIVIA**

Complications cérébrovasculaires de la maladie de Lyme chez l'enfant

**Dir. Fluss, Joel Victor; Beghetti, Maurice**

2019, Méd. 10941 | Web\*: 117305

**OBERHAUSER, LUCIE**

Role Of FFAR1 in the response of INS-1E  $\beta$ -cells to glucolipototoxicity

**Dir. Maechler, Pierre; Brun, Thierry; Wolfender, Jean-Luc**

2019, Sc. Vie – Pharma 12 | Web\*: 117296

**OBERST, POLINA**

Plasticity in neurogenic competence of cortical progenitors in the developing mouse neocortex

**Dir. Jabaudon, Denis**

2019, Neur. 247 | Web\*: 118289

**PALE ROCA, MARIA**

Adaptation marginale de restaurations avec des composites/adhésifs libres de Bis-GMA en cavités préparées à la fraise et avec laser Er:YAG

**Dir. Krejci, Ivo; Bortolotto Ibarra, Tissiana**

2019, Méd. dent. 764 | Web\*: 118532

**PONTHUS, SIMON**

Sécurité des ligatures endoscopiques de varices œsophagiennes chez les patients atteints de cirrhose traités par anticoagulants pour une thrombose de la veine porte

**Dir. Spahr, Laurent François Joséph**

2019, Méd. 10946 | Web\*: 120358

**RYABOVA, ANASTASIA**

Effet de l'addition de riboflavine, d'une couche de phosphate de calcium et d'un système adhésif sur le comportement mécanique de la dentine déminéralisée

**Dir. Krejci, Ivo**

2019, Méd. dent. 760 | Web\*: 116721

**SCARIATI JAUSSE, ELISA**

Études sur la connectivité cérébrale dans le syndrome de microdélétion 22q11 : Quelles conclusions peut-on en tirer ? Quels liens peut-on faire avec les symptômes psychotiques ?

**Dir. Eliez, Stéphan**

2017, Méd. 10862 | Web\*: 119058

**THOENI, SARAH**

Synaptic plasticity at accumbal to lateral hypothalamus pathway in feeding behaviour

**Dir. Luscher, Christian; O'Connor, Eoin**

2019, Neur 249 | Web\*: 119944

**ZAWODNIK, ASTRID**

Impact des traitements chirurgicaux des maladies complexes du périnée sur la sexualité féminine

**Dir. Buehler, Leo Hans**

2019, Méd. 10950 | Web\*: 121354

**ZEKERIDOU, ALKISTI**

L'inflammation systémique et locale dans la parodontite : le lien entre les biomarqueurs inflammatoires dans le sérum et le fluide crévulaire gingival

**Dir. Mombelli, Andrea; Giannopoulou, Catherine**

2019, Méd. dent. 765 | Web\*: 119427

**PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION****ALDASHTI, ASMA**

The interaction between literacy, writing, and finger-counting for spatial representation of numbers

**Dir. Gentaz, Edouard**

2019, FPSE 720 | Web\*: 117294

**BURRA, ÉMILIE**

Gestion des buts chez les personnes âgées et liens avec le bien-être : une approche en méthodes mixtes

**Dir. Ghisletta, Paolo; Van der Linden, Martial**

2019, FPSE 730 | Web\*: 117485

**DUPONT, JUSTINE**

Le rôle du comptage sur les doigts dans le développement des habiletés arithmétiques

**Dir. Thevenot, Catherine; Barrouillet, Pierre Noël**

2019, FPSE 733 | Web\*: 120899

**FRAMORANDO, DAVID**

Prime visibility and prime warning as moderators of affect primes' effect on effort mobilization

**Dir. Gendolla, Guido H.E.**

2019, FPSE 735 | Web\*: 120288

# THÈSES DE DOCTORAT

## GUDET, DENIS

L'intégration du chemin chez les enfants de 5 à 12 ans

Dir. Maurer, Roland

2015, FPSE 562 | Web\*: 120396

## MARTY, LAURENCE

Continuité de l'expérience d'apprentissage et transposition didactique des savoirs dans l'enseignement de la physique: comparaison internationale dans le cas des propriétés de la matière

Dir. Ligozat, Florence; Venturini, Patrice

2019, FPSE 729 | Web\*: 118262

## RADHOUANE, MYRIAM

La prise en compte de la diversité culturelle dans la formation et le travail des enseignants: une analyse menée à partir du cas genevois

Dir. Akkari, Abdeljalil

2019, FPSE 732 | Web\*: 121455

## STUSSI, YOANN

Relevance detection as a psychological determinant of emotional learning

Dir. Sander, David; Pourtois, Gilles

2019, FPSE 734 | Web\*: 119879

## SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

### AVRAMOVSKA, ELENA

Of robes, rosaries and gavels: the evolution of gender equality policies in the Philippines

Dir. Lieber Gabbiani, Marylene; Paternotte, David

2019, SdS 114 | Web\*: 117779

### CASTILLO RUEDA, MARIA VICTORIA

Andean migrant associations' host and home country engagement: lessons from the cantons of Geneva and Vaud, Switzerland

Dir. Bolzman, Claudio; Oris, Michel

2019, SdS 115 | Web\*: 121013

### CHAMBRU, CÉDRIC

Environmental shocks, religious struggle, and resilience: a Contribution to the economic history of Ancien Régime France

Dir. Couttenier, Mathieu; Huberman, Michaël

2019, SdS 117 | Web\*: 119759

### EVEQUOZ, AURÉLIEN

Electoral violence in authoritarian regimes: locations and determinants of government coercion

Dir. Hug, Simon

2019, SdS 111 | Web\*: 116727

### GALINDO ALFONSO, JORGE

La reconfiguration de la politique de la classe ouvrière

Dir. Baccaro, Lucio

2019, SdS 109 | Web\*: 117306

### KRIEGER, RALPH

Public policy, health care and health outcomes of the poor in advanced democracies

Dir. Pontusson, Harry Jonas

2019, SdS 116 | Web\*: 120768

### KRIZIC, IVO

The international politics of public procurement

Dir. Lavenex, Sandra

2019, SdS 122 | Web\*: 120746

## SCIENCES

### LAFFITE, AMANDINE

#### OCCURRENCE AND DISSEMINATION OF MICROPOLLUTANTS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE IN AQUATIC ENVIRONMENT: A PREVALENCE STUDY ACROSS GEOGRAPHICAL LOCATION AND DIFFERENT SYSTEMS OF WASTEWATER MANAGEMENT

La pollution de l'eau est un problème majeur dans de nombreuses régions du monde. Dans de nombreux pays en développement, les systèmes aquatiques reçoivent des effluents non ou partiellement traités contenant des polluants anthropiques alors que ces rivières servent de réseau de base pour la consommation humaine et animale. Des concentrations élevées de métaux toxiques, de polluants organiques persistants (POP), de bactéries indicatrices de selles (FIB), de bactéries résistantes aux antibiotiques (ARA) et de gènes de résistance aux antibiotiques (ARG) dans les rivières peuvent présenter un risque important pour la santé humaine et les organismes aquatiques vivants. Cette thèse se concentre sur l'analyse des rivières de Kinshasa (République démocratique du Congo). Dans l'ensemble, elle démontre que la pollution chimique et microbiologique peut dépasser, dans de nombreux sites, la recommandation internationale pour la qualité de l'eau.

Dir. POTE-WEMBONYAMA, JOHN; SLAVEYKOVA, VERA

2019, Sc. 5355 | Web\*: 120648

### NWATCHOCK A KOUL, AMAN SABRINA

A framework for fair and responsible data market ecosystems

Dir. Morin, Jean-Henry

2019, SdS 125 | Web\*: 121388

### PACHECO RODRIGUEZ, MARIA NATALIA

Social Safeguards and Equity in the Provisions of Payment for Environmental Services in the Paris Agreement

Dir. Lawrence, Roderick John

2019, SdS 118 | Web\*: 120356

### PITTELOUD, SABINE

« Les invisibles deviennent visibles »: le rôle politique des multinationales et les débats sur l'internationalisation en Suisse [1942-1993]

Dir. O'Sullivan, Mary

2019, SdS 124 | Web\*: 121457

### WILD, PASCAL OLIVIER

Firm Internationalization and Global Cities: Exploring the Role of Singapore for Swiss SMEs in Southeast Asia

Dir. Regnier, Philippe Thierry; Oris, Michel

2019, SdS 113 | Web\*: 120462

## SCIENCES

### BALBO, MATTEO

High-energy particle acceleration in the Galaxy

Dir. Walter, Roland

2019, Sc. 5331 | Web\*: 119694

### BAUMANN TRAIENE, VALÉRIE

Rain-triggered lahar initiation in volcanic areas

Dir. Bonadonna, Costanza

2018, Sc. 5325 | Web\*: 117083

### FISCHER, GYONGYVER JENNIFER

Evolution of the Mayaguana bank (SE Bahamas) since the earliest Miocene in the framework of tectonics and eustasy

Dir. Kandler, Pascal

2018, Sc. 5362 | Web\*: 121389

### FOWLIE, JENNIFER

Electronic and structural properties of LaNiO<sub>3</sub>-based heterostructures

Dir. Triscone, Jean-Marc

2018, Sc. 3241 | Web\*: 120334

### FREYRE, ALISA

Energy programs for buildings: analysis in the context of the Swiss energy transition

Dir. Patel, Martin Kumar

2019, Sc. 5352 | Web\*: 121352

### GIRARD, MARIANNE

Kinematics of star-forming galaxies at cosmic noon

Dir. Schaerer, Daniel Olivier; Dessauges, Miroslava

2019, Sc. 5349 | Web\*: 120367

### GOREMYKINA, ANNA

Interactions and disorder in one dimension: from quantum Hall regime to many-body localization

Dir. Sukhorukov, Eugene

2019, Sc. 5357 | Web\*: 121672

### GUARNIERI IBANEZ, ALEJANDRO JOSÉ

Synthesis of novel heterocycles and macrocycles via Rh(II)-catalyzed decomposition of N-Sulfonyl-1,2,3-triazoles

Dir. Lacour, Jérôme

2019, Sc. 5350 | Web\*: 121387

### HOCH, DOMINIC GREGOR

Discovery of targets of cysteine-reactive natural products

Dir. Adibekian, Alexander; Winssinger, Nicolas

2019, Sc. 5321 | Web\*: 116739

### JARDIM DE QUEIROZ, LUIZ

Historical factors, environmental heterogeneity and genomic changes as drivers of fish diversification in the Neotropics

Dir. Montoya Burgos, Juan Ignacio;

Duboule, Denis

2019, Sc. Vie 16 | Web\*: 119418

**JOSHI, ABHINAV**

The HSP90 paralog TRAP1 oligomerizes into an OXPHOS-regulated protein complex that may be essential for maintaining mitochondrial metabolic homeostasis

**Dir. Picard, Didier**

2019, Sc. Vie 28 | Web\*: 123165

**LANFERMANN, MARIE CHRISTINE**

Identification of b-jets and c-jets using deep neural networks with the ATLAS detector: the development and performance of a family of DL1 high-level flavour tagging algorithms

**Dir. Golling, Tobias**

2019, Sc. 5330 | Web\*: 123143

**LORENZO-ORTS, LAURA**

Biochemical and physiological studies on polyphosphate metabolism in plants

**Dir. Hothorn, Michael**

2019, Sc. 5359 | Web\*: 121353

**MACHADO ALMEIDA, PEDRO**

Circadian Rhythms in Drosophila: From the Core Clock to Complex Behaviors

**Dir. Nagoshi, Emi**

2019, Sc. 5394 | Web\*: 125513

**MAMOOLER, PARISA**

The domain decomposition method of Bank and Jimack as an optimized Schwarz method

**Dir. Gander, Martin Jakob**

2019, Sc. 5361 | Web\*: 121394

**MAUDENS, STELLA-SAPHIRA**

Theranostic nanoparticles for detection and targeted therapy of prostate cancer and lymph node metastases

**Dir. Jordan, Olivier; Borchard, Gerrit**

2018, Sc. 5273 | Web\*: 125025

**MISSANA, ANDREA**

DFT study of the influence of the environment on the spin-crossover behavior of transition metal complexes: the case study of Co(II) tris(2,2'-bipyridine) in Zeolite Y and oxalate networks

**Dir. Hauser, Andreas; Lawson Daku, Latevi Max**

2019, Sc. 5370 | Web\*: 121584

**MOTALEBI, FATEMEH**

Detection and statistical study of exoplanets Unveiling small planets with HARPS and HARPS-N

**Dir. Udry, Stéphane**

2018, Sc. 5333 | Web\*: 117297

**MOTTIN, LUC**

Assistance à la curation de publications scientifiques par des méthodes de triage et d'annotation automatiques

**Dir. Chopard, Bastien; Ruch, Patrick**

2019, Sc. 5339 | Web\*: 118269

**NORMAND, RAPHAËL**

Geomorphological, sedimentological and structural signals of deformation in a silent subduction zone: an investigation of the Makran (Iran)

**Dir. Simpson, Guy**

2019, Sc. 5327 | Web\*: 117482

**ORTUSO, ROBERTO DIEGO**

Characterisation of polydiacetylene for the detection of forces in membranes

**Dir. Sugihara, Kaori**

2019, Sc. 5351 | Web\*: 120401

**OTT, SÉBASTIEN**

On Ornstein-Zernike theory and some applications

**Dir. Velenik, Yvan**

2019, Sc. 5345 | Web\*: 119877

**PREVOST-SOLIE, CLÉMENT**

Dissecting the rewarding and motivational nature of social interaction: a role of ventral tegmental area dopaminergic activity

**Dir. Bellone, Camilla; Rodriguez, Ivan**

2019, Neur. 248 | Web\*: 119066

**QIN, YING**

The black hole spin in coalescing binary black holes and high-mass X-ray binaries

**Dir. Meynet, Georges; Fragkos, Anastasios**

2019, Sc. 5348 | Web\*: 121527

**RIGHI, DAVIDE**

Innovative chemo-diversification strategies to generate "unnatural" natural products

**Dir. Wolfender, Jean-Luc; Ferreira Queiroz, Emerson**

2019, Sc. 5335 | Web\*: 120766

**RUSSKIKH, MARIANNA**

Conformal invariance and universality of the dimer model

**Dir. Smirnov, Stanislav; Chelkak, Dmitry**

2019, Sc. 5344 | Web\*: 119698

**SELS, ANNELIES**

Atomically precise metal cluster building blocks

**Dir. Buergi, Thomas**

2019, Sc. 5312 | Web\*: 116766

**SERBYN, NATALIJA**

DNA-Protein Crosslinks Formation and Processing in « Saccharomyces cerevisiae »

**Dir. Stutz, Françoise**

2019, Sc. Vie 20 | Web\*: 120317

**SHAH, JIMIT**

How the adherens junction proteins PLEKHA7 and PDZD11 regulate Staphylococcus aureus  $\alpha$ -toxin cytotoxicity

**Dir. Citi, Sandra**

2019, Sc. Vie 15 | Web\*: 117808

**SISTARE GUARDIOLA, EDUARD**

Top resolution in 2D NMR experiments combining chemical shift encoded aliased spectra and spectral reconstruction

**Dir. Jeannerat, Damien**

2019, Sc. 5320 | Web\*: 118011

**SMIRNOVA, DARIA**

On some aspects of the behaviour of paths and interfaces in discrete and continuous models: random-cluster model, self-repelling polymers and Brownian motion

**Dir. Duminił-Copin, Hugo**

2018, Sc. 5289 | Web\*: 119889

**SPERA, MARCELLO**

Breaking down the CDW of 1T-TiSe<sub>2</sub> with STM

**Dir. Renner, Christoph**

2019, Sc. 5324 | Web\*: 117293

**STEKELENBURG, CAROLINE**

Characterization of KIAA2022 and generation of knock-out mice indicates a role in maintaining genomic stability

**Dir. Schwitzgebel Luscher, Valérie; Maechler, Pierre; Picard, Didier**

2019, Sc. 5322 | Web\*: 119430

**ULLATE AGOTE, ASIER**

Uncovering the genetic basis of color pattern phenotypes and scale development in squamates through genomic and transcriptomic approaches

**Dir. Milinkovitch, Michel C.; Tzika, Athanasia**

2019, Sc. Vie 19 | Web\*: 120463

**UNAY, JOVELYN**

Towards Synthesis of Minimal Plasmids for Symbiotic Nitrogen Fixation

**Dir. Perret, Xavier**

2019, Sc. 5356 | Web\*: 120747

**VERBANIS, EPHANIELLE**

Distribution and certification of photonic entanglement for quantum communication

**Dir. Zbinden, Hugo**

2019, Sc. 5346 | Web\*: 119899

**WALTER, CHANTAL**

Targeting Waddlia chondrophila development cycle using genetic tools and metabolomics

**Dir. Cuendet Licea, Muriel**

2019, Sc. 5337 | Web\*: 119059

**WANG, CHAO**

Chemoproteomics-enabled development of novel cysteine and serine reactive small molecules: from target identification to inhibitor discovery

**Dir. Adibekian, Alexander; Mazet, Clement**

2019, Sc. 5323 | Web\*: 117781

**WEISS, BENJAMIN**

Crossroads at translation initiation: the long and the short of a short and a long 5' transcript leader and the eukaryotic initiation factor eIF4E3

**Dir. Curran, Joseph; Matter, Jean-Marc**

2019, Sc. 5328 | Web\*: 117777

**WIDMANN, PHILIPP**

Temporal calibration and quantification of Early Trias-sic climatic disturbances through high-precision U-Pb zircon dating and an improved chemical abrasion procedure

**Dir. Schaltegger, Urs; Hugo, Bucher**

2019, Sc. 5360 | Web\*: 121676

**ZUBERI, MUHAMMAD JIBRAN SHAHZAD**

Improving energy efficiency in Swiss industrial sectors: status, emerging technologies and trends

**Dir. Patel, Martin Kumar**

2019, Sc. 5369 | Web\*: 121458

## THÉOLOGIE

**LEPPER, ANNE**

Église et management: quel témoignage?

**Dir. Moser, Felix**

2019, Théol. 623 | Web\*: 122845

## TRADUCTION ET INTERPRÉTATION

**BOHN, VÉRONIQUE CHRISTINE**

Pratiques de coordination interlinguistique dans la communication politique en Suisse: les périodiques des partis politiques

**Dir. Dullion, Valérie**

2019, FTI 33 | Web\*: 122795

## INSTITUT D'ÉTUDES GLOBALES

**WERNLI, DIDIER**

Global governance of antimicrobial resistance: anatomy of a regime complex

**Dir. Levrat, Nicolas; Pittet, Didier**

2019, GSI 1 | Web\*: 121674

EXPOSITION

# LEONARDO

## EN PERSPECTIVE

18 DÉCEMBRE 2019 –  
20 FÉVRIER 2020

Salle d'exposition de l'UNIGE  
*Uni Carl Vogt, 66 bd Carl-Vogt*

HORAIRES:  
Lundi-vendredi | 7h30-19h

[www.unige.ch/-/leonardo](http://www.unige.ch/-/leonardo)

FONDATION  
H. DUDLEY WRIGHT

FNSNF

FONDS NATIONAL SUISSE  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Scienscope UNIGE



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE