

L'HUMAIN AUGMENTÉ

P. 18 LE SURHOMME DONT RÊVENT
LES TENANTS DU TRANSHUMANISME
EST AUJOURD'HUI À PORTÉE DE
MAIN GRÂCE AUX PROGRÈS DE LA
TECHNOLOGIE ET DES SCIENCES
COGNITIVES. MAIS À QUEL PRIX?

HOMMAGE
JEAN STAROBINSKI
QUITTE LA BEAUTÉ
DU MONDE
PAGE 10

L'INVITÉ
« EN 2030,
100 PERSONNES
VIVRONT
SUR LA LUNE »
PAGE 36

EXTRA-MURS
ENQUÊTE
SUR LE MIRACLE
DE MEDELLÍN
PAGE 40



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

S
CAMPUS

EXPOSITION **AFRIQUE** 300'000 ANS DE DIVERSITÉ HUMAINE

du 13 JUIN au
6 SEPTEMBRE 2019
LUNDI-VENDREDI 7H30 - 19H

salle d'exposition
de l'**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**
66 Bd CARL-VOGT

ENTRÉE
LIBRE

www.unige.ch/-/afrique



FONDS NATIONAL SUISSE
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

FONDATION
H. DUDLEY WRIGHT



UNITÉ D'ANTHROPOLOGIE



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

04 ACTUS

HOMMAGE

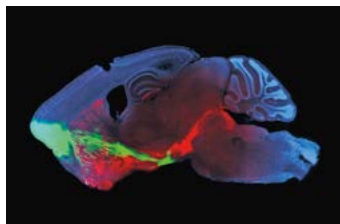
10 LETTRES
DÉCÈS DE JEAN
STAROBINSKI



Théoricien de la littérature, essayiste et médecin, Jean Starobinski a enseigné pendant près de trente ans à la Faculté des lettres. Il s'est éteint le 4 mars dernier à l'âge de 98 ans.

RECHERCHE

12 MÉDECINE
LE CIRCUIT CÉRÉBRAL
DE L'ADDICTION



Une étude sur des souris transgéniques montre que le renforcement d'une voie neuronale précise provoque le comportement compulsif de l'addiction. Son inhibition la fait disparaître.

15 GÉNÉTIQUE
À LA RECHERCHE
DES MALADIES RARES



Un projet au Pakistan se penche sur des familles consanguines présentant des maladies mentales ou oculaires afin de trouver des maladies monogéniques inconnues.



DOSSIER L'HUMAIN AUGMENTÉ



18 L'ÊTRE HUMAIN EST
CONDAMNÉ À SE DÉPASSER

Sur mandat du World Economic Forum, un groupe d'experts internationaux s'est penché sur les questions éthiques que soulève la problématique de l'humain augmenté.

22 L'«HOMO NOVUS»,
TRANSHUMAIN UTOPIQUE

Transformer l'être humain en modifiant certains de ses gènes, c'est peut-être possible. Mais la seule manière d'obtenir des résultats intéressants consisterait à modifier son génome entier et donc à produire une nouvelle espèce.

25 QUE RECHERCHE
LE TRANSHUMAIN?
LE BONHEUR, PARDI!

Le mouvement transhumaniste promet un avenir radieux. Il n'est pas certain, pourtant, que le bonheur soit au rendez-vous, estime Bernard Baertschi, de l'Institut Éthique, Histoire, Humanités.

27 L'ÈRE DES CYBORGS

Relier l'être humain à la machine: c'est l'objectif de la BCI («Brain Computer Interaction»). Un champ d'étude en pleine expansion depuis une vingtaine d'années. Tour d'horizon avec Thierry Pun, professeur honoraire de la Faculté des sciences.

30 LE SPORTIF AUGMENTÉ,
STAR DE DEMAIN

Le dopage, qui vise à améliorer les performances des athlètes, est une pratique réprimée à l'aide d'un arsenal de mesures similaire à celui utilisé contre l'usage des drogues. À contre-courant, Bengt Kayser, de la Faculté de médecine, propose une relaxation progressive de ces règles.



34 SUPERMAN,
PROZAC DE L'AMÉRIQUE

La figure du super-héros traverse toute la culture occidentale avant de se déployer pleinement dans l'Amérique des années 1930. Retour sur un mythe moderne qui exalte la toute-puissance de l'individu face aux lacunes de la force publique.

Photo de couverture: ALE+AIE illustration

RENDEZ-VOUS



36 L'INVITÉ
OBJECTIF LUNE

Un demi-siècle après l'arrivée d'Apollo 11 sur le sol lunaire, l'homme s'apprête à y faire son retour pour s'y installer durablement. Entretien avec Bernard Foing, astrophysicien à l'Agence spatiale européenne et directeur du groupe international lunaire ILEWG.



40 EXTRA-MUROS
LE «MIRACLE
DE MEDELLÍN»

L'ancienne capitale de la drogue est aujourd'hui citée comme un modèle de ville innovante. Dans les quartiers de la Comuna 13, Patrick Naef cherche à évaluer l'impact réel du programme de rénovation urbaine mis en place depuis le début des années 2000.



44 TÊTE CHERCHEUSE
LE DÉMIURGE
DES EXOPLANÈTES

Professeure assistante au Département d'astronomie, Émeline Bolmont crée des modèles permettant d'étudier l'évolution, la dynamique, le climat et l'habitabilité des exoplanètes.

48 À LIRE
50 THÈSES DE DOCTORAT

**CLAIRE-ANNE SIEGRIST
DÉCORÉE DE LA LÉGION
D'HONNEUR**



Professeure à la Faculté de médecine, Claire-Anne Siegrist a été nommée Chevalier dans l'Ordre national de la Légion d'honneur, le 11 mars 2019, par décret du président de la République française. Pédiatre, Claire-Anne Siegrist dirige depuis 1996 le Centre collaborateur de l'Organisation mondiale de la santé en vaccinologie et immunologie néonatale. Elle a présidé la Commission fédérale pour les vaccinations et s'implique également dans l'information et la formation, notamment à travers le réseau expert InfoVac et le carnet de vaccination électronique.

**CHARNA DIBNER PRIMÉE
PAR LA FONDATION
LEENAARDS**



La Fondation Leenaards a attribué son Prix pour la recherche médicale translationnelle 2019 à une équipe de recherche dont fait partie Charna Dibner, maître d'enseignement et de recherche et spécialiste des rythmes circadiens au Département de médecine et au Centre du diabète (Faculté de médecine). Elle et ses collègues étudient les liens entre l'horaire de la prise alimentaire et le rythme du sommeil ainsi que leur influence sur le poids et le métabolisme.

NEUROSCIENCES

Le bercement favorise l'endormissement et un sommeil de meilleure qualité

Le bercement permet un endormissement plus rapide et rallonge les périodes de sommeil profond tout en diminuant le nombre de micro-éveils, un des facteurs associés à une mauvaise qualité du sommeil. Tel est le résultat obtenu par Aurore Perrault, Laurence Bayer et Sophie Schwartz, respectivement chercheuses et professeure au Département des neurosciences fondamentales (Faculté de médecine), et publié dans la revue *Current Biology* du 4 février. Les trois scientifiques ont étudié durant deux nuits le sommeil de 18 adultes volontaires dont la moitié a dormi sur des lits animés d'un balancement au Centre de médecine du sommeil des Hôpitaux universitaires de Genève.

Selon les auteurs, le bercement continu permet de synchroniser l'activité neuronale des réseaux thalamo-corticaux qui jouent un rôle important dans la consolidation du sommeil mais également de la mémoire. Soumis à des tests mnésiques consistant à apprendre des paires de mots le soir et à s'en souvenir au réveil, les dormeurs ont obtenu des résultats bien meilleurs après une nuit en mouvement qu'après une nuit immobile.



Le mouvement favorise la synchronisation des zones du cerveau impliquées dans la consolidation du sommeil.

Une deuxième étude, menée avec des souris et publiée dans la même revue, a permis à une équipe de l'Université de Lausanne de confirmer que le bercement de la cage des rongeurs diminue le temps d'endormissement et rallonge la durée du sommeil mais que, contrairement à ce qui se passe chez l'être humain, il n'en augmente pas la qualité. L'étude montre que le système vestibulaire, la structure située dans l'oreille interne qui gère l'équilibre et l'orientation spatiale, joue un rôle essentiel dans le phénomène.

ASTRONOMIE

Découverte d'une super Terre autour d'une étoile naine proche du Soleil

Une planète dont la masse minimale n'est que trois fois supérieure à celle de la Terre a été détectée autour de l'étoile GI411, située à seulement 8 années-lumière du Système solaire, dans la constellation de la Grande Ourse. Cette découverte, publiée le 15 février par la revue *Astronomy and Astrophysics*, a été réalisée par une équipe internationale d'astronomes dont fait partie Nathan Hara, chercheur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et membre du Pôle national de recherche PlanetS.

La planète GI411b est la troisième exoplanète la plus proche du système solaire connue à ce jour. Sa proximité en fait une cible idéale pour les futurs télescopes géants comme l'ELT européen (*Extremely Large Telescope*), qui devraient pouvoir analyser son atmosphère.

La détection de GI411b est le résultat d'un programme de recherche centré sur les « naines rouges », des étoiles dont la masse est inférieure de moitié à celle du Soleil (elles représentent 80% des étoiles de la Voie lactée). La masse relativement modeste de ce type d'étoiles les rend plus sensibles à l'influence gravitationnelle d'un éventuel compagnon planétaire, ce qui facilite leur détection.

Découverte à l'aide du spectrographe Sophie, développé en partie à l'Université de Genève et installé depuis 2006 sur le télescope de 193 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, la planète tourne en treize jours autour de son étoile dont elle est cinq fois plus proche que Mercure du Soleil. GI411b ne se situe pas dans la zone habitable et il est probable qu'elle ait davantage de points communs avec Vénus qu'avec la Terre.

MÉDECINE

Dès 2 ans, la balance peut révéler une prédisposition aux troubles alimentaires

Un poids anormalement haut ou bas, mesuré chez des enfants dès l'âge de 2 ans, augmente de manière significative le risque de déclarer des troubles des conduites alimentaires – anorexie mentale, boulimie ou encore hyperphagie – à l'adolescence. C'est la conclusion à laquelle est arrivée une étude menée par l'équipe de Nadia Micali, professeure à la Faculté de médecine et médecin-chef du Service de pédopsychiatrie des Hôpitaux universitaires de Genève. Paru en février dans le *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, ce travail fournit un indice supplémentaire permettant d'identifier de manière très précoce les enfants les plus susceptibles d'être touchés par ces troubles graves. Les troubles des conduites alimentaires regroupent toutes les pathologies relatives à l'alimentation : anorexie mentale (privation de nourriture), boulimie (absorption de grandes quantités de nourriture très rapidement et sans contrôle), etc. Ces troubles, dont la prévalence est en augmentation, sont considérés comme des affections psychiatriques mais de plus en plus d'études tendent à prouver que des facteurs d'ordre biologique et environnemental sont également à l'œuvre.

En analysant les données de 1502 participants d'une étude britannique longitudinale ayant suivi des parents et leurs enfants pendant plus de vingt ans, Nadia Micali et son équipe ont remarqué qu'un indice de masse corporelle (IMC) bas – d'environ 0,5 point de moins que la moyenne – dès l'âge de 2 ans pour les



Les causes des troubles alimentaires ne sont pas seulement d'ordre psychologique ou sociologique mais aussi métabolique.

garçons et de 4 ans pour les filles, constitue un facteur de risque pour le développement de l'anorexie mentale chez les adolescents. Un IMC excessif dès le milieu de l'enfance serait, quant à lui, un facteur de risque pour le développement ultérieur d'autres troubles tels que la boulimie nerveuse.

Le stade très précoce auquel apparaissent ces premiers signes avant-coureurs montre, selon les auteurs, que les habituelles composantes psychologiques, socioculturelles et environnementales, qui n'entrent essentiellement en jeu que plus tard dans la vie à travers les pressions sociales, ne suffisent pas à expliquer le développement de ces troubles alimentaires. L'étude suggère ainsi que les troubles alimentaires ont aussi une composante métabolique, elle-même probablement déterminée par la génétique.

BIOCHIMIE

Une sonde mesure les tensions régnant dans les membranes des mitochondries

Des chercheurs genevois ont mis au point une molécule qui permet, pour la première fois, de mesurer les forces physiques qui s'exercent dans les membranes non seulement des cellules elles-mêmes mais aussi des organelles (lysosomes, mitochondries, réticulum endoplasmiques...) qui se trouvent à l'intérieur des cellules. L'avancée est d'importance car, comme l'expliquent Stefan Matile et Aurélien Roux, respectivement professeur au Département de chimie organique et professeur associé au Département de biochimie (Faculté des sciences) et leurs collègues,

de plus en plus d'études semblent indiquer que ces tensions intracellulaires jouent un rôle important dans un grand nombre de processus biologiques. Dans un article paru le 12 février dans le *Journal of the American Chemical Society*, les auteurs montrent comment ils ont conçu ces molécules-sondes capables de se glisser dans les membranes des organelles. Une fois en place, elles ont la capacité de modifier leur fluorescence naturelle lorsqu'elles sont déformées sous l'effet de forces mécaniques extérieures.

Archive ouverte N° 114631

UNE ÉTUDIANTE REMPORTE L'XTREME DE VERBIER



Sur le point de terminer sa dernière année de bachelor en relations internationales au sein du Global Studies Institute, Élisabeth Gerritzen, 23 ans, a remporté l'Xtreme de Verbier dans la catégorie féminine. C'est la première fois qu'une skieuse suisse remporte cette épreuve de freeride qui clôture le championnat du monde de la discipline.

L'HYPNOSE VIRTUELLE SOULAGE LA DOULEUR

VRRelief est une application de réalité virtuelle basée sur l'hypnose qui permet d'apaiser les enfants et d'optimiser leur confort pendant une procédure médicale douloureuse. Fruit d'une collaboration entre des chercheurs de la FPSE, du Centre interfacultaire en sciences affectives et des HUG, elle a remporté le Prix coup de cœur du hackathon des HUG lors du festival Geneva Open qui s'est tenu en mars dernier.

L'UNIGE PRIMÉE POUR L'ORGANISATION DU CONGRÈS LE PLUS INTERNATIONAL

L'Université de Genève, conjointement avec swissuniversities, a reçu le 27 février le Prix du congrès le plus international. Remise par le Bureau des congrès de Genève, cette distinction lui a été décernée pour l'organisation du congrès de l'Association européenne pour l'éducation internationale (EAIE), qui s'est déroulé du 11 au 14 septembre 2018 et lors duquel 134 nationalités étaient représentées.

PSYCHOLOGIE

Le mâle se féminise. Le problème, c'est qu'il s'«homophobise» aussi



Ne pouvant plus, dans une société de plus en plus égalitaire, construire leur masculinité par opposition à la féminité, certains hommes affirment désormais leur virilité en renforçant l'importance de leur hétérosexualité et en rejetant fortement les homosexuels, considérés comme l'incarnation de l'homme féminin. Cette constatation est le résultat d'une étude menée par l'équipe de Juan Falomir, professeur à la Section de psychologie (Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation), et publiée le 5 janvier dans la revue *Sex Roles*. Pour arriver à ce résultat, les psychologues genevois ont soumis à des hommes hétérosexuels un

questionnaire conçu pour mesurer leur accord aux dimensions traditionnelles de la masculinité (l'évitement de la féminité, la restriction des émotions, la confiance en soi, l'agressivité, la domination, l'attrance pour les rapports sexuels et l'homophobie). Un premier groupe n'a reçu aucune information préalable, un deuxième s'est vu souligner la masculinité et l'anti-féminité des hommes dans la société actuelle et le troisième a été préparé en affirmant que l'homme n'avait jamais été aussi féminin qu'aujourd'hui. Les chercheurs ont ensuite mesuré l'attitude des participants envers les homosexuels (leurs droits, leur moralité, les émotions ressenties, etc.) et l'affirmation de leur propre hétérosexualité à l'aide d'un second questionnaire.

L'homophobie et la réaffirmation de l'hétérosexualité se sont révélées les plus fortes dans le troisième groupe. Par ailleurs, l'augmentation de l'homophobie a été principalement observée chez les hommes dits plus «traditionnels», tandis que ceux qualifiés de plus «modernes» ont mieux réagi à la féminisation de l'homme et ont une meilleure perception des homosexuels. Les psychologues précisent que l'augmentation de l'homophobie n'est pas directement provoquée par une volonté de réaffirmer l'opposition homme-femme, les hommes ayant le droit de devenir, eux aussi, plus sensibles et émotifs. En fait, cette acceptation de la féminisation de l'homme semble faire de l'hétérosexualité le nouveau socle de la masculinité et ce, au détriment des homosexuels.

NEUROSCIENCES

Une méthode douce permet de sonder les couches profondes du cerveau

Dans un article paru le 14 février dans la revue *Nature Communications*, Christoph Michel, professeur au Département des neurosciences fondamentales (Faculté de médecine), et ses collègues montrent qu'une méthode externe non invasive, l'électroencéphalogramme couplée à des algorithmes mathématiques, permettrait de mesurer l'activité des zones sous-corticales, situées dans la partie la plus profonde du cerveau. Et ce, de manière aussi efficace que l'implantation d'électrodes dans le cerveau. Ces régions cérébrales recèlent

encore beaucoup de mystères pour les neuroscientifiques. Elles jouent un rôle crucial dans l'activité motrice, émotionnelle et associative et leur dysfonctionnement est associé à plusieurs maladies graves, comme celle de Parkinson, le syndrome de Gilles de la Tourette ou les troubles obsessionnels compulsifs. Le problème, c'est que les traitements existants pour réguler et mesurer l'activité de ces régions cérébrales sont aujourd'hui très invasifs et, bien qu'ils donnent des résultats satisfaisants, les scientifiques ignorent encore pourquoi.

DÉCÈS DE MICHEL JEANNERET



Spécialiste mondialement reconnu de la culture humaniste européenne et de la littérature française du XVII^e siècle, Michel Jeanneret s'est éteint à l'âge de 78 ans. Professeur au Département de français moderne (Faculté des lettres) depuis 1971, il a notamment dirigé le Bodmer Lab depuis sa création en 2014. Titulaire de nombreuses distinctions, il est l'auteur d'ouvrages tels que *Des Mets et des mots*, *Éros rebelle* ou encore *Littérature et dissidence à l'âge classique*.

DISPARITION DE VICTOR MONNIER

Historien du droit, Victor Monnier a perdu son combat contre la maladie. Grand spécialiste des institutions démocratiques, il lègue à la postérité d'importants travaux sur l'Acte de médiation de 1803 ainsi qu'une monumentale biographie consacrée à William Rappard. Membre de l'Association française des historiens des idées politiques, on lui doit par ailleurs la création de la revue historico-juridique suisse : les *Commentationes Historiae Iuris Helveticae*.

JUAN MANZANO S'EST ÉTEINT

Professeur à la Faculté de médecine et médecin directeur du Service médicopédagogique de 1983 à 2004, Juan Manzano est décédé en mars dernier. Fervent défenseur des droits de la personne, il a largement contribué à une meilleure prise en charge psychiatrique de l'enfant et de l'adolescent. Son action a également participé à une augmentation de l'égalité des chances au sein de l'école genevoise.

ÉVOLUTION

Les plumes des oiseaux bourgeonnent par vagues selon un motif régulier

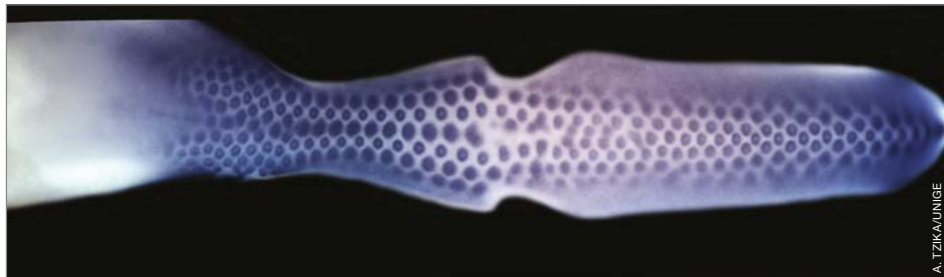


Image d'un embryon de poulet avec les bourgeons de plumes.

Sans les plumes, les oiseaux n'auraient jamais pris leur envol. Les mécanismes biologiques déterminant avec précision le nombre et la disposition de ces appendices sont cependant restés jusqu'à présent méconnus, faute de moyens technologiques suffisants pour les étudier.

Aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés dans les méthodes d'imagerie et d'analyse, Michel Milinkovitch et Athanasia Tzika, respectivement professeur et chercheuse au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences) et leurs collègues de l'Université d'Édimbourg ont pu montrer comment la signalisation génétique entre les cellules et des processus mécaniques se combinent pour former dans la peau des volatiles une ligne de propagation, le long de laquelle les ébauches de plumes se développent. Comme le rapporte un article paru le 21 février dans la revue *PLOS Biology*, il en résulte un réseau hexagonal très ordonné de plumes.

Grâce à l'étude d'embryons de poules et de canards, les auteurs ont observé que les plumes se forment d'abord en ligne le long du milieu du dos. Ensuite, des lignes de nouveaux bourgeons de plumes sont ajoutées séquentiellement suivant un motif hexagonal régulier, grâce au déplacement de la ligne dorsale sur les flancs. Deux voies de signalisation moléculaires sont responsables de cette disposition : le facteur de croissance des fibroblastes et les protéines morphogénétiques osseuses. Une troisième voie de signalisation, nommée EDA, dirige le déplacement de l'onde de structuration des plumes.

Les embryons d'émeus et d'autruches, eux, ne présentent pas d'onde mobile de développement des plumes. L'absence de cette vague de développement génère une disposition désordonnée des plumes. Ce relâchement est probablement dû au fait que ces espèces d'oiseaux ne volent plus depuis des millions d'années et n'ont, dès lors, plus besoin d'un plumage ordonné.

DENIS DUBOULE À LA TÊTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DE LA FONDATION LOUIS-JEANTET

Professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), Denis Duboule a été nommé en janvier à la tête du Comité scientifique de la Fondation Louis-Jeantet de médecine. Basée à Genève, cette dernière soutient la recherche biomédicale au travers de prix annuels destinés à financer les meilleurs travaux européens dans ce domaine.

JEAN-CLAUDE MARTINOU LAURÉAT DU PRIX LELIO ORCI 2018



Professeur au Département de biologie cellulaire (Faculté des sciences), Jean-Claude Martinou est le lauréat 2018 du Prix Lelio Orci pour ses travaux sur le contrôle de l'organisation et de la physiologie mitochondriales. Ces découvertes éclairent d'un jour nouveau toute une variété de pathologies humaines, dont les cancers et les maladies génétiques.

Abonnez-vous à « Campus » !

par e-mail (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
Presse Information Publications
24, rue Général-Dufour
1211 Genève 4
campus@unige.ch
www.unige.ch/campus

ENVIRONNEMENT

La nécessaire conversion des marchands de sable vers un modèle plus durable

**DOMINIQUE SOLDATI-FAVRE
REÇOIT LE PRIX WANG 2019**



Professeure au Département de microbiologie et médecine moléculaire, Dominique Soldati-Favre est la lauréate du Prix 2019 Alice et C.C. Wang en parasitologie moléculaire. Cette distinction, remise par la Société américaine de biochimie et de biologie moléculaire, lui est attribuée pour ses travaux sur *Toxoplasma gondii*, un parasite responsable de la toxoplasmose.

On en fait des châteaux sur les plages, mais il entre aussi dans la composition du béton, de l'asphalte, du verre, de nombreux composés électroniques ou encore de cosmétiques. Seconde ressource la plus exploitée du monde après l'eau, le sable n'est cependant pas inépuisable. Sans politiques de régulation dans ce domaine, les réserves disponibles ne suffiront pas longtemps à répondre à une demande en constante augmentation (on en consomme aujourd'hui 50 milliards de tonnes par an, soit 3 fois plus qu'il y a vingt ans).

Présenter des pistes permettant de parvenir à une gestion globale et responsables des ressources en sable, c'est précisément l'objectif du rapport publié le 7 mai dernier par les chercheurs du GRID-Genève (une plateforme qui réunit l'Université de Genève, le Programme des Nations unies pour l'environnement et l'Office fédéral de l'environnement) sous le titre *Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources*. Synthétisé par les étudiants du master en innovation, développement humain et durabilité (Faculté des sciences de la société), ce document rassemble les prises de position d'une vingtaine d'experts internationaux réunis à Genève en octobre 2018. Il insiste sur la nécessité de rompre avec l'idée que le sable est une ressource

illimitée: l'apport en sable et en gravier dans l'océan de la plupart des grands fleuves de la planète a déjà baissé de 50 à 95 %, 75 à 90 % des plages du monde reculent et 25 îles indonésiennes ont disparu de la carte.

Afin de corriger le tir, les auteurs prônent l'élargissement et le renforcement des normes internationales sur l'extraction dans la législation des pays où le commerce du sable est pour l'heure peu ou pas régulé. Cette mesure limiterait les dégâts portés aux écosystèmes et augmenterait la transparence et la fiabilité d'une filière économique qui, dans certaines régions du monde, est contrôlée par des organisations mafieuses.

Ils recommandent aussi de favoriser l'emploi de matériaux alternatifs (déchets d'incinération, sciure, pneus usagés) pour la confection du béton, de rénover plutôt que de démolir ou de recourir à des pavements «verts» comme cela se fait déjà en Inde ou en Chine.

Pour coordonner ces différentes actions, le rapport préconise la création de plateformes réunissant l'ensemble des acteurs concernés (pouvoirs publics, secteurs privés, ONG, monde associatif) ainsi que la mise en place d'un système de suivi permettant une évaluation précise de la consommation et une planification à long terme.

MÉDECINE

Un ancien médicament contre la lèpre s'avère efficace contre le cancer du sein

**HABIB ZAIDI DISTINGUÉ
PAR KHWARIZMI
INTERNATIONAL AWARD**



Professeur associé à la Faculté de médecine de l'Université de Genève et responsable du Laboratoire d'instrumentation et de neuro-imagerie des Hôpitaux universitaires de Genève, Habib Zaidi a reçu le «2019 Khwarizmi International Award» décerné par l'Iranian Research Organization for Science and Technology. Ce prix récompense sa visibilité internationale et ses travaux dans le domaine de l'imagerie moléculaire multimodale.

La clofazimine, un antibiotique vieux de 70 ans, est capable de stopper la progression du cancer du sein de type «triple négatif», le plus dangereux. Des tests menés aussi bien *in vitro* qu'*in vivo* ont montré que le médicament bloquait la voie de signalisation cellulaire Wnt dont l'activation chez l'adulte est connue pour provoquer une perturbation du mécanisme cellulaire qui est à l'origine de nombreux cancers, dont celui du sein triple négatif. C'est ce que rapportent Vladimir Katanaev, professeur au Centre de recherche translationnelle en onco-hématologie (Faculté de médecine), et ses collègues dans un article paru dans le numéro du mois de mai de la revue *Cancer Letters*.

Le cancer du sein «triple négatif» ne représente que 15 % des cas mais est responsable de la moitié des décès liés à cette maladie. Il doit son nom au fait que les cellules tumorales

ne présentent à leur surface aucun des trois récepteurs (ni œstrogène, ni progestérone, ni HER2) habituellement impliqués dans le cancer du sein. Frappant surtout les femmes jeunes, il est caractérisé par une progression très rapide et l'absence de traitement efficace. Très agressif, il est à l'origine du décès de plus de 200 000 femmes par an dans le monde.

La clofazimine est un antibactérien utilisé pour lutter contre la lèpre. Bon marché, ce médicament figure même sur la liste des médicaments essentiels de l'Organisation mondiale de la santé. Bien qu'aucun brevet ne puisse être déposé sur ce produit qui est depuis longtemps dans le domaine public, les chercheurs genevois ont l'intention de passer à la prochaine étape consistant à effectuer des essais cliniques impliquant des patientes volontaires, d'abord à Genève, puis vraisemblablement ailleurs en Suisse.

En manque de nouvelles particules, le CERN et l'UNIGE jouent la carte «FASER»

L'EXPLOITATION D'UN
«**RAYONNEMENT
SECONDAIRE**» DU LHC
POURRAIT RÉVÉLER DES
PARTICULES INCONNUES

La Commission de la recherche du CERN a approuvé le 7 mars la mise en œuvre de FASER, une nouvelle expérience conçue pour découvrir des particules exotiques tout droit sorties de l'imagination de physiciens théoriciens mais susceptibles d'apporter, si elles existent, une explication à certains des mystères les plus tenaces de la nature, comme la matière noire. L'Université de Genève est très impliquée dans le développement, la réalisation et l'exploitation de ce détecteur qui sera installé en 2020 sur l'actuel collisionneur LHC. En effet, deux professeurs (Anna Sfyrila et Giuseppe Iacobucci) et deux ingénieurs (Yannick Favre et Franck Cadoux) du Département de physique nucléaire et corpusculaire (Faculté des sciences) collaborent au projet. Explications.

Campus : Quelles sont les particules que vous aimeriez découvrir avec le détecteur FASER ?

Giuseppe Iacobucci : Nous aimerions découvrir des particules témoignant de l'existence d'une nouvelle physique qui dépasse le Modèle standard, la théorie qui décrit le mieux la composition de la matière et les forces dites électromagnétiques, faible et forte. Nous savons que cette nouvelle physique existe. Les observations des mouvements des bras des galaxies spirales ou des effets de «lentille gravitationnelle» indiquent que la matière ordinaire (électrons, quarks, gluons, boson de Higgs...) ne compte que pour 5% de toute la masse et l'énergie de l'Univers. Le reste, désigné comme la matière et l'énergie sombres, est de nature inconnue. Ce sont certaines des particules fantomatiques qui composent la matière sombre que nous aimerions attraper avec FASER.

N'est-ce pas le rôle des expériences installées sur le LHC comme ATLAS et CMS ?

Les détecteurs ATLAS et CMS sont conçus pour trouver des particules d'une masse très élevée, comme le boson de Higgs découvert en 2012. Depuis, les physiciens ont tenté de

trouver d'autres particules, encore plus massives, dont l'existence est prédite par des théories comme la supersymétrie ou les théories des dimensions supplémentaires. En vain, pour l'instant, malgré les niveaux d'énergie inédits atteints par le LHC. C'est dans ce contexte que des chercheurs, sans pour autant abandonner les expériences principales, ont commencé à réfléchir à des solutions alternatives.

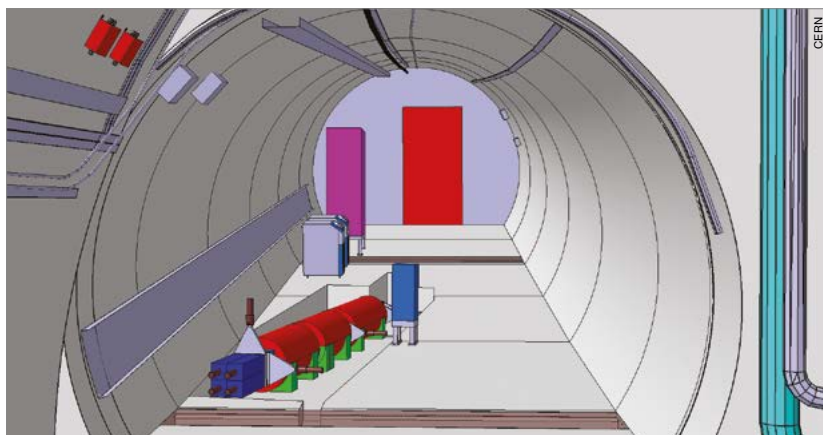
C'est-à-dire ?

Certains théoriciens ont développé l'idée qu'entre la physique du Modèle standard (que nous savons étudier) et celle de la «nouvelle physique» (qui demeure inaccessible), il existerait un ensemble de particules exotiques («pho-

se désintégrer, une fois de temps en temps, en une de ces particules exotiques qui se désintégrerait à son tour en deux particules ordinaires. FASER propose de détecter ces dernières.

Comment ?

FASER sera construit dans un tunnel désaffecté situé dans l'exact prolongement du faisceau de pions produit au cœur d'ATLAS et qui est dirigé tangentiellement à l'anneau du LHC. L'appareil de mesure sera installé à 480 mètres du point d'interaction et séparé de la source par plus de 90 mètres de terre. Cet obstacle naturel arrêtera toutes les particules à l'exception de celles – hypothétiques – que nous cherchons et qui traversent la matière comme



FASER, au premier plan. Les aimants cylindriques sont en rouge. Le détecteur est aligné avec précision sur l'axe de collision d'ATLAS, à 480 m de là.

tons sombres», «bosons de Higgs sombres», «leptons neutres et lourds», «*axion-like particles*...») faisant le lien entre ces deux mondes. Elles pourraient posséder une masse beaucoup plus modeste que celles visées par ATLAS et CMS. En revanche, elles n'interagiraient presque pas avec la matière ordinaire. Bref, elles se trouveraient dans un secteur qu'aucune expérience de physique n'a exploré à ce jour.

FASER pourra-t-il remédier à cette lacune ?

Jonathan Feng, de l'Université de Californie à Irvine et porte-parole de l'expérience FASER, a eu la brillante idée d'exploiter une sorte de «rayonnement secondaire» produit par le LHC. Quand les paquets de protons injectés dans la machine entrent en collision, ils produisent un jet très focalisé de «pions», qui sont des particules légères bien connues des physiciens. La théorie prédit que ces pions sont susceptibles de

si elle n'existait pas. Elles entreront ensuite dans la partie avant du détecteur, qui est un volume parfaitement contrôlé. Si l'une d'elles se désintègre à ce moment précis, elle produira alors deux particules chargées qui seront séparées par de puissants aimants et mesurées par des détecteurs spécialement conçus pour cela.

Quelle est la probabilité qu'une telle particule soit non seulement produite mais qu'en plus elle se désintègre au bon endroit ?

Elle est très faible. D'un autre côté, c'est la première fois que nous disposons d'un faisceau de pions si intense, grâce à la puissance exceptionnelle du LHC. Au cours des trois ans de fonctionnement de FASER, de 2021 à 2023, quelque 10^{16} (10 millions de milliards) de pions seront envoyés pile dans sa direction. Ce nombre gigantesque devrait compenser la faible probabilité de l'événement recherché.

Jean Starobinski :
« La connaissance doit
être liée à la chaleur de
la vie, aider à l'inventer,
sinon elle n'est qu'exercice
desséché. »

LETTRES

JEAN STAROBINSKI QUITTE LA BEAUTÉ DU MONDE

FIGURE DE PROUE DE
L'ÉCOLE DE GENÈVE, LE
CRITIQUE LITTÉRAIRE
S'EST ÉTEINT À L'ÂGE DE
98 ANS. IL LAISSE DERRIÈRE
LUI UNE ŒUVRE IMMENSE
MARQUÉE PAR LE SOUCI
CONSTANT DE CLARTÉ ET
DE VÉRITÉ.

Son esprit aiguisé et son regard curieux de tout auront contemplé la marche du monde près d'un siècle durant. Professeur d'histoire des idées et de littérature française à la Faculté des lettres entre 1958 et 1985, éminent représentant de l'École de Genève, Jean Starobinski s'est éteint le 4 mars dernier dans sa 99^e année. Considéré comme « *le plus grand critique littéraire de langue française du XX^e siècle* » par son homologue Martin Rueff, il lègue à la postérité une œuvre considérable – une trentaine de livres et plus de 800 articles – au sein de laquelle dialoguent les penseurs des Lumières, la psychiatrie clinique, l'histoire de l'art ou la musique, ainsi qu'un fonds d'archives constitué de plus de 40 000 ouvrages déposé en 2010 aux Archives littéraires de la Bibliothèque nationale suisse.

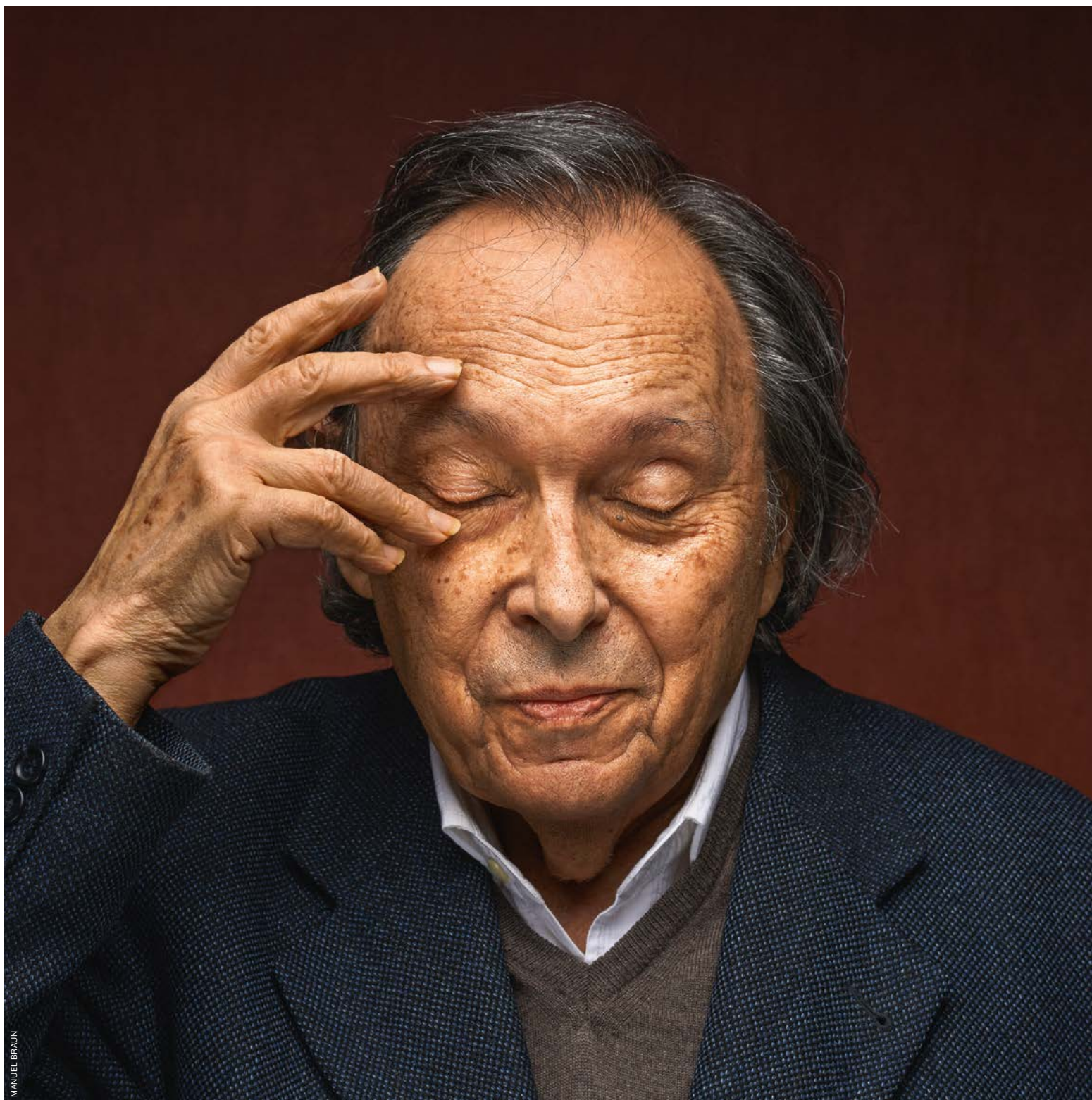
L'enfant de Rousseau Né le 17 novembre 1920 à Genève, Jean Starobinski est issu d'une famille de Juifs polonais ayant fui les lois antisémites leur interdisant l'accès aux études de médecine promulguées par l'URSS. Élevé dans une maison où l'on parle aussi bien le russe que l'allemand ou le français avec les artistes et les musiciens de passage, il fait très tôt la connaissance de Rousseau. Scolarisé à la Maison des petits – institution fondée par le psychologue Édouard Claparède pour promouvoir les principes de l'Éducation nouvelle, largement inspirés de la pensée du philosophe genevois (lire *Campus* n° 90) –, le jeune garçon profite en effet d'une éducation qui se fait « dans la plus grande liberté et sans la moindre coercition » entre dessin, activités manuelles, improvisation et leçons de jardinage.

C'est donc assez naturellement qu'après une scolarité exemplaire au Collège de Genève, Jean Starobinski rejoint les bancs de la Faculté des lettres où il retrouve le « citoyen de Genève ». Le déclenchement de la Seconde Guerre mondiale, qui réduit considérablement les débouchés pour un littéraire, le pousse cependant à y ajouter bientôt la médecine et plus précisément la psychiatrie, qui lui apparaît comme « *le meilleur moyen de connaître la condition humaine* ».

Dispensé de ses obligations militaires compte tenu de son statut d'étranger (il ne sera naturalisé qu'en 1948), il mène dès lors de front une double carrière qui se concrétise en 1956 par une thèse très remarquée consacrée à Rousseau (*La Transparence de l'obstacle*), puis par une autre, déposée à Lausanne trois ans plus tard, qui porte cette fois sur l'histoire du traitement de la mélancolie.

À l'École de Genève Entre-temps, il a rejoint l'Université de Genève pour enseigner d'abord l'histoire des idées, puis la littérature, poste qu'il occupera trois décennies durant. Aux côtés d'Albert Béguin, de Marcel Raymond, de Georges Poulet ou de Jean Rousset, il devient l'un des moteurs du formidable essor de ce qu'on appelle bientôt l'École de Genève. Tournant le dos aux dogmes qui corsèrent la pensée de l'époque, il construit une grille de lecture du monde où se croisent approches thématiques, psychologiques, historiques et esthétiques. « *Rien de ce qui était humain ne lui semblait étranger* », résume Martin Rueff.

Doté d'un réseau de correspondants où figurent des personnalités telles que Raymond Aron, Michel Foucault, René Char, Italo Calvino, Nathalie Sarraute ou Albert Camus,



MANUEL BRAUN

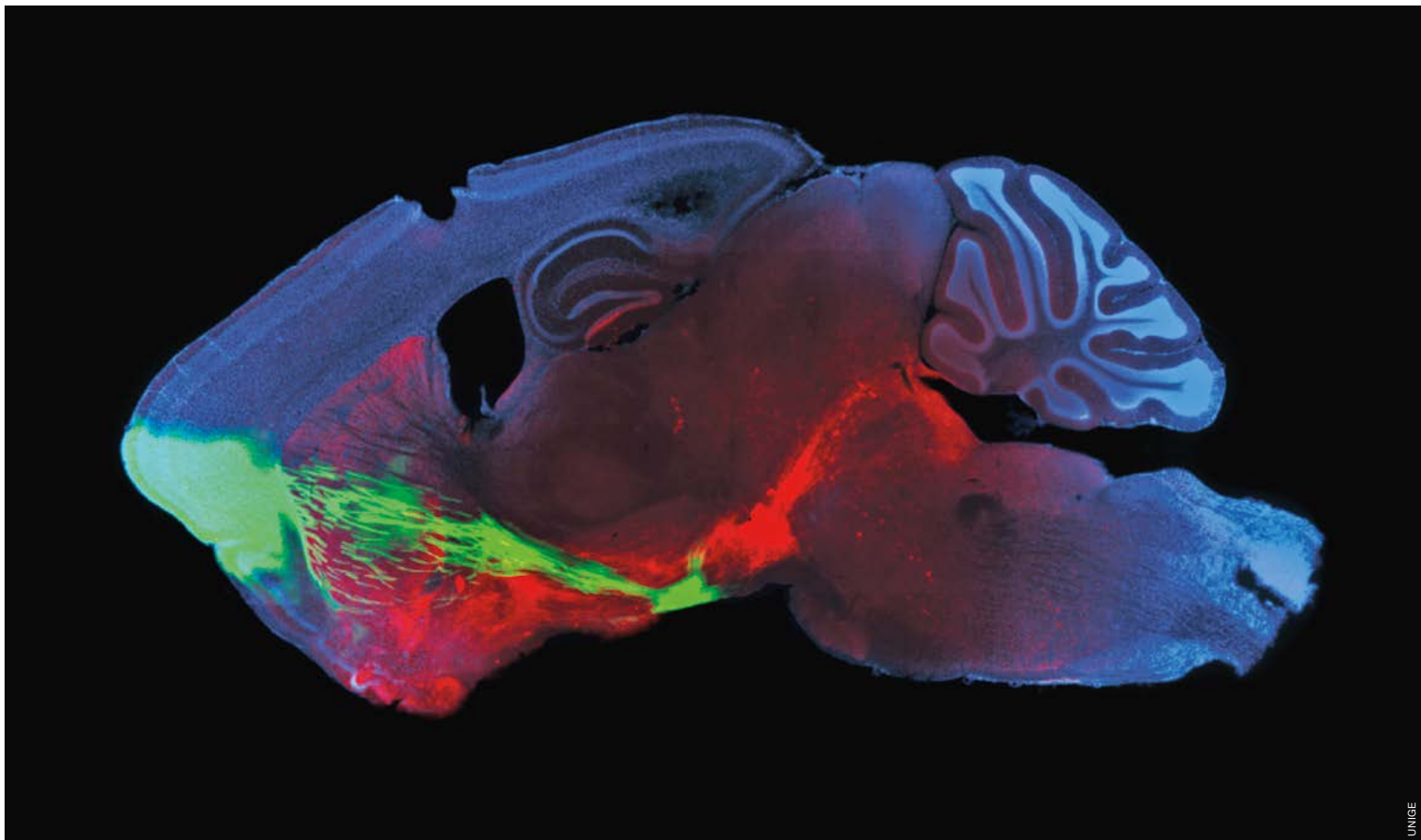
Jean Starobinski n'est pas pour autant un intellectuel de salon. Cordial et bienveillant, celui qui aimait rappeler que *«la connaissance doit être liée à la chaleur de la vie, aider à l'inventer, sinon elle n'est qu'exercice desséché»*, prend très au sérieux sa fonction de professeur, s'efforçant d'ouvrir aux quatre vents l'esprit des étudiants qui ont la chance de suivre ses cours. *«À une époque où nous étions armés de systèmes théoriques (structuralisme, psychanalyse, marxisme althusérien, sémiologie), il nous a invités à la patience,*

à l'interrogation et au respect, finissant assez vite par nous convaincre que la vérité d'un texte réside dans celui-ci, par la mise en relief ou en contact de certains passages, et non dans un discours dogmatique dont on chercherait la confirmation par la littérature dès lors utilisée comme caution», témoigne l'écrivain Bernard Comment, qui fut son élève.

Lu dans le monde entier, Jean Starobinski était membre de nombreuses académies et docteur *honoris causa* d'une quinzaine d'universités.

Sa brillante carrière a été saluée par de nombreux prix dont celui de la Fondation pour Genève (2010) ou la Médaille de l'Université de Genève (2018). Ses écrits sur les arts ont été réunis en 2016 dans *La Beauté du monde, la littérature et les arts* (lire *Campus* n° 127), tandis que *Le Corps et ses raisons*, à paraître en 2020, permettra de se replonger dans ses contributions sur l'histoire de la médecine.

Vincent Monnet



UNIGE

DROGUES

LE CIRCUIT CÉRÉBRAL QUI DÉTIENT LA CLÉ DE L'ADDICTION

UNE ÉTUDE SUR DES SOURIS TRANSGÉNIQUES MONTRE QUE LE **RENFORCEMENT D'UNE VOIE NEURONALE** RELIANT DEUX AIRES DU CERVEAU PROVOQUE LE COMPORTEMENT COMPULSIF DE L'ADDICTION. SON INHIBITION PERMET AU CONTRAIRE DE LA FAIRE DISPARAÎTRE IMMÉDIATEMENT.

Tout le monde n'est pas égal face aux drogues. Un consommateur de cocaïne sur cinq, par exemple, finit ainsi par perdre le contrôle et développer un usage compulsif de la drogue même lorsque les conséquences (sociales, physiques, psychologiques, financières...) deviennent hautement négatives. Quant aux quatre autres, ils réussissent à maintenir une prise de drogue dite récréative sans succomber à l'addiction. Le phénomène est connu depuis longtemps mais les mécanismes biologiques à l'origine de cette différence de comportement ont jusqu'ici échappé aux neuroscientifiques.

Dans un article paru dans la revue *Nature* du 20 décembre 2018, l'équipe de Christian

Lüscher, professeur au Département de neurosciences fondamentales (Faculté de médecine), a cependant franchi une étape importante dans la compréhension de cette problématique. Menée sur des souris, son expérience montre, pour la première fois, que ce qui distingue les individus compulsifs des autres est le renforcement d'un circuit neuronal bien précis. Cette modification pousse les rongeurs à rechercher le plaisir immédiat malgré des conséquences douloureuses administrées sous forme de décharges électriques. La voie de connexion en question relie le cortex orbitofrontal au striatum dorsal. L'inhibition artificielle de ce circuit entraîne d'ailleurs une disparition immédiate du comportement compulsif.

Coupe d'un cerveau de souris.

La projection du cortex orbitofrontal (OFC) vers le striatum dorsal (SD) est montrée en vert.

Cette voie de signalisation est renforcée chez certaines souris par la stimulation répétée du système dopaminergique (en rouge), mimant l'effet de la consommation de drogue.

Le renforcement de cette projection AFC-SD provoque chez la souris un comportement compulsif, représentatif de l'addiction.

« Nous avons identifié une adaptation du cerveau associée au dernier stade de l'addiction, explique Christian Lüscher. Cette avancée nous permet de délimiter beaucoup mieux nos futures investigations visant à une meilleure compréhension d'un phénomène qui représente un véritable fardeau pour notre société. »

L'addiction – à ne pas confondre avec la dépendance, qui nécessite certes un sevrage pour s'en débarrasser mais qui n'entraîne pas forcément le besoin compulsif de consommer – est en effet la première cause d'invalidité dans le monde. Une étude réalisée en 2018 par le *National Institute on Drug Abuse* estime le coût de l'abus de drogue à 740 milliards de dollars par an pour les États-Unis, en termes de crime, de perte de productivité au travail et de soins. Des évaluations effectuées en Europe estiment, quant à elles, le coût de l'addiction à 65 milliards d'euros par an.

Pas un gramme de drogue Les chercheurs genevois ont réalisé leur étude sans avoir recours au moindre gramme de drogue. Ils ont en effet pu s'appuyer sur des travaux antérieurs démontrant que toutes les substances addictives convergent vers le même point. Héroïne, cocaïne, cannabis, nicotine, amphétamine et autres sont autant de molécules chimiquement très diverses et ayant chacune leur cible spécifique. Mais à la fin, elles activent toutes le

système dopaminergique – celui qui relâche la dopamine, le neurotransmetteur responsable du sentiment de récompense et de plaisir. Et la première portion du circuit commun menant aux « paradis artificiels » a été identifiée comme étant celle qui mène de l'aire tegmentale ventrale (ATV) aux noyaux accumbens, cachés dans le striatum ventral – voisin du striatum dorsal.

« Nous avons modifié nos souris de manière à pouvoir stimuler directement l'ATV à l'aide d'une fibre optique implantée dans leur cerveau, explique Christian Lüscher. Nous avons vérifié dans une étude précédente que cette façon de faire mimait parfaitement l'effet d'une prise de drogue. En réalité, c'est la forme d'addiction la plus pure possible puisqu'on évite tous les autres effets des drogues (diminution de la douleur, dilatation des pupilles, constipation...) qui auraient risqué de polluer nos résultats. »

Au cours de l'expérience, les souris ont eu la possibilité d'actionner à volonté un levier envoyant une impulsion lumineuse dans la

LA PREMIÈRE PORTION DU CIRCUIT CÉRÉBRAL MENANT AUX « PARADIS ARTIFICIELS » EST CELLE QUI MÈNE DE L'AIRE TEGMENTALE VENTRALE AUX NOYAUX ACCUMBENS

fibre optique provoquant ainsi une décharge de dopamine dans leur cerveau. Sans surprise, les rongeurs ont avidement joué de la manette à raison d'une séance de quarante minutes par jour durant deux semaines.

Après ce délai, toutefois, la délivrance du plaisir a été accompagnée de temps en temps de décharges électriques sur les pattes. Échaudés par les chocs, 40 % des animaux (surnommés les renonciateurs) ont grandement diminué leur recours au levier. Quant aux 60 % restants (les persévérants), ils ont semble-t-il décidé d'accepter le risque d'une punition douloureuse afin de pouvoir conserver l'opportunité d'auto-stimuler leurs neurones dopaminergiques.

Un interrupteur à addiction Les chercheurs ont ensuite mesuré l'activité cérébrale des souris en temps réel grâce à une manipulation génétique qui rend les neurones fluorescents lorsqu'ils s'activent. C'est ainsi qu'ils ont identifié une différence entre les deux groupes dans le fonctionnement du circuit reliant le cortex orbitofrontal (OFC) au striatum dorsal. Le premier est une aire située juste au-dessus des yeux et impliquée dans la prise de décision. Le second est enfoui plus profondément dans le cerveau et contrôle les mouvements, la motivation, etc.

Pour vérifier le rôle joué par ce circuit neuronal, les scientifiques l'ont inhibé à l'aide de la même technologie basée sur la fibre optique. Ils ont ainsi réussi à transformer immédiatement des souris persévérantes en renonciatrices. Ils ont même pu faire l'inverse en tournant des renonciatrices en persévérantes en renforçant artificiellement les neurones se projetant de l'OFC au striatum dorsal.

La découverte des chercheurs genevois est certes fondamentale pour la compréhension du phénomène de l'addiction, mais elle ne fait que repousser la question initiale d'un cran, à savoir pourquoi le circuit OFC-striatum se ren-

force chez certaines souris et pas chez d'autres, une information qui permettrait notamment d'identifier les individus les plus vulnérables. La réponse est d'autant moins facile à apporter que les animaux utilisés dans l'étude sont tous

des clones issus du même élevage. Leur patrimoine génétique étant – à très peu de choses près – identique, il est difficile d'expliquer la vulnérabilité à l'addiction uniquement par des différences dans leur ADN.

Explication épigénétique « *Nous posons l'hypothèse qu'une partie de l'explication est de nature épigénétique, avance Christian Lüscher. L'épigénétique désigne l'ensemble des modifications touchant la structure – et non pas la séquence – de l'ADN et qui altèrent l'expression des gènes, y compris dans les cellules d'un cerveau adulte. Ces changements sont causés par les expériences de vie parmi lesquelles on peut compter le stress ou la consommation répétée de drogues. C'est un domaine de recherche nouveau, encore méconnu et en pleine expansion.* »

Dans un article paru dans la revue *Neuron* du 3 avril, le chercheur genevois et son collègue Eric Nestler de l'Icahn School of Medicine at Mount Sinai à New York discutent d'ailleurs des mécanismes par lesquels cette influence épigénétique pourrait s'exercer dans le cas des substances psychotropes.

Le premier est la stimulation directe et excessive, par l'usage de drogues, du système dopaminergique. Certaines études suggèrent que l'activation répétée de cette voie de signalisation peut entraîner des modifications épigénétiques et moduler ainsi l'expression de

certains gènes. Cela modifierait la fonction synaptique et l'activité des circuits de neurones et mènerait à des comportements inadaptés chez les personnes vulnérables.

Le second, indirect et qui se développe sur un laps de temps plus long, est plus à même d'expliquer la variabilité entre individus. Il s'agit de l'expérience de vie qui peut façonner préalablement le paysage épigénétique du cerveau de façon à amplifier les modifications que la drogue produit ensuite sur l'expression des gènes. Cette expérience de vie contribuerait ainsi à fabriquer la vulnérabilité d'un individu et entraîner sa transition vers l'addiction.

« *Beaucoup de choses se décident au cours de la vie de nos souris même si elle est courte, précise Christian Lüscher. Au moment de l'expérience, elles ont moins de 6 mois mais elles occupent déjà chacune leur place dans la hiérarchie sociale qui s'est établie dans la cage commune. Des différences apparaissent. Même s'ils sont tous génétiquement identiques, certains individus s'avèrent plus impulsifs que d'autres – il existe des tests pour le mesurer – et ceux-là sont plus enclins à devenir compulsifs. Le but de nos recherches, c'est d'arriver à une description moléculaire de l'impulsivité ou de tout autre trait de caractère associé à l'apparition de l'addiction, afin de pouvoir comprendre comment cela se répercute sur le renforcement du circuit que nous avons identifié.* »

Anton Vos

LES DROGUES: TOUTES LES MÊMES

« *Du point de vue neurologique, il n'existe pas de différences fondamentales entre les drogues dures et les drogues douces.* »

Christian Lüscher, professeur au Département de neurosciences fondamentales (Faculté de médecine), a compris, après des années de recherche sur la question de l'addiction, que toutes les substances psychotropes sont susceptibles d'arriver au même résultat, à savoir une consommation compulsive, même si elles suivent des trajectoires neurobiologiques différentes et présentent des dangers variables.

« *L'alcool, par exemple, est considéré comme une drogue*

douce, poursuit-il. Consommé avec modération, il peut certes avoir des effets positifs, notamment en facilitant les relations sociales. Pourtant, contrairement au cannabis, à l'héroïne ou à la cocaïne, l'alcool tue les cellules nerveuses. C'est irréversible. Il n'existe aucune base neurobiologique permettant de justifier la décision de rendre ce produit légal tout en interdisant le cannabis. »

Le chercheur ne plaide pas pour autant pour une légalisation totale du chanvre. Le THC, le principe actif de cette plante, interfère en effet dans le cerveau avec le fonctionnement du système endocannabinoïde. Ce dernier

est impliqué dans le réglage fin de la transmission synaptique, un processus primordial pour l'apprentissage. « *Fumer des joints dans les moments de la vie où l'apprentissage est important est une très mauvaise idée* », souligne-t-il.

Pour le neuroscientifique, le problème social de l'addiction n'est d'ailleurs pas uniquement lié à la puissance de la molécule incriminée. L'épidémie des opioïdes qui touche actuellement les États-Unis (avec plus de 40 000 morts rien qu'en 2017) montre bien que la prescription trop facile d'antidouleurs (comme le fentanyl ou l'oxycodone) joue

un rôle primordial dans ce genre de crises. Les personnes développant une addiction pour ces opiacés risquent ensuite d'être lâchées par le système de santé américain et, se retrouvant sans soutien, passent facilement de la prescription médicale d'anti-douleurs à l'achat illégal d'héroïne. « *En Suisse, ces produits ne sont pas facilement disponibles, note Christian Lüscher. Du coup, il n'existe pas de risque similaire. Tout comme l'alcoolisme n'est pas un phénomène très répandu dans les pays qui interdisent la consommation d'alcool.* »

GÉNÉTIQUE HUMAINE

À LA CHASSE AUX MALADIES RARES AU PAKISTAN

UN PROJET HELVÉTIKO-PAKISTANAIS SE PENCHE SUR DES **FAMILLES CONSANGUINES PRÉSENTANT DES MALADIES MENTALES OU OCULAIRES**. LE BUT : TROUVER DES MALADIES MONOGÉNIQUES RÉCESSIVES ENCORE INCONNUES.

La famille K. est originaire de la région de Kohat, près de Peshawar, au nord du Pakistan, et elle peut légitimement estimer que le sort s'acharne sur elle. Sur cinq enfants, trois souffrent en effet de microcéphalie et présentent une déficience intellectuelle sévère. L'équipe de Stylianos Antonarakis, professeur honoraire à la Faculté de médecine, et des collègues pakistanais ont récemment découvert la cause de leurs tourments. Dans un article paru dans *l'American Journal of Human Genetics* du mois de juin, ils montrent que cette malformation est due à la mutation d'un seul gène, le DYNC1I2. Ils ont également remarqué que les deux parents sont porteurs sains, c'est-à-dire que chez eux une seule copie de ce gène (dit récessif) est altérée, l'autre parvenant à pallier cette absence. Trois des enfants ont toutefois eu la malchance d'hériter de cette mutation à la fois de leur père et de leur mère, provoquant du même coup le développement de la maladie. Un tel événement est hautement improbable en temps normal mais, dans le cas présent, il s'explique par le fait que les parents sont cousins germains. Tous deux ont vraisemblablement hérité d'une copie d'un même gène dysfonctionnel appartenant à leur grand-mère ou grand-père commun. Au Pakistan, près de 60 % des mariages sont consanguins, un record mondial (la moyenne étant

d'environ 15 %). C'est d'ailleurs pour cette raison que Stylianos Antonarakis et ses collègues s'intéressent à cette population et en particulier à la famille K.

Séquençage complet Soupçonnant la présence d'une maladie congénitale inconnue, les chercheurs ont prélevé l'ADN de tous les membres de la famille. Le séquençage complet de leur génome a fait ressortir le DYNC1I2 comme candidat susceptible d'expliquer le retard mental des trois enfants. Une candidature soutenue par le fait que ce gène, qui n'a jusqu'ici jamais été relié à une maladie, est déjà

AU PAKISTAN, PRÈS DE 60% DES MARIAGES SONT CONSANGUINS, UN RECORD MONDIAL

connu pour son implication dans le cerveau. Il produit en effet la dynéine, un composant d'un complexe protéique plus grand qui intervient notamment dans le fonctionnement et le développement des neurones. Les chercheurs ont ensuite interrogé *Gene Matcher*, une base de données internationale



qui répertorie tous les gènes faisant l'objet de recherches cliniques ou fondamentales dans le monde. Ils ont ainsi découvert deux autres patients présentant une double mutation sur le même gène. Renseignements pris, les deux cas, vivant aux États-Unis, souffrent des mêmes symptômes, en l'occurrence une microcéphalie et une déficience intellectuelle sévère.

Pour ne rien laisser au hasard, les auteurs ont encore demandé à des collègues de l'Université de Duke aux États-Unis d'étudier des poissons-zèbres (*Danio rerio*), auxquels la variante poissonnière du gène *DYNC1I2* a été enlevée ou remplacée par la version humaine mutée. Dans les deux cas, les embryons modifiés ont donné naissance à des animaux atteints de microcéphalie (la déficience intellectuelle ne pouvant pas être mesurée).

Nouvelle maladie « Nous pouvons affirmer avoir identifié une nouvelle maladie monogénique récessive, c'est-à-dire une maladie causée par la mutation d'un seul gène mais qui ne se déclare que lorsque les deux copies (allèles),

maternelle et paternelle, sont altérées, estime Stylianos Antonarakis. Cette avancée permet de mettre au point un diagnostic pour cette forme de déficience intellectuelle dont nous ignorons pour l'instant l'incidence dans le monde. Ce diagnostic, assez bon marché et facile à réaliser, peut aider dans le cadre du planning familial en informant les couples qui seraient à risque de transmettre cette maladie à leurs enfants ou en détectant des fœtus atteints. Notre découverte ouvre également des voies de recherche sur les mécanismes biomoléculaires de cette maladie. »

Swiss-Pakistan Project La famille K. n'est pas la seule à avoir fait l'objet de l'attention des chercheurs genevois et pakistanais. Il y a 4 ans, Stylianos Antonarakis a lancé le Swiss-Pakistan Project en collaboration avec Muhammad Ansar, biologiste formé à l'Université du Pendjab à Lahore et venu à l'Université de Genève à la faveur d'un accord de coopération scientifique conclu entre les deux pays. L'objectif consiste à identifier des maladies monogéniques récessives encore inconnues.

Les maladies monogéniques dominantes (pour lesquelles un seul allèle muté suffit pour déclencher la maladie) sont certes rares mais plus fréquentes. Elles peuvent être détectées dans les pays occidentaux où les systèmes sanitaires sont très développés. Les récessives, par contre, exigent un concours de circonstances plus improbable. Ou des familles consanguines. De ce point de vue, le Pakistan, fort de ses 220 millions d'habitants et où trois mariages sur cinq sont conclus entre cousins germains, est un terrain d'investigation intéressant.

« Les génomes des fratries issues de germains possèdent 10 fois plus d'ADN en commun que des frères et sœurs non consanguins, explique Stylianos Antonarakis. En d'autres termes, les premiers ont 10 à 20 fois plus de risques que les seconds de développer une maladie monogénique récessive. »

Le chercheur estime que la plupart d'entre elles sont encore inconnues. À l'heure actuelle, sur les quelque 20 000 gènes humains existants, les scientifiques n'en connaissent en effet que 4 250 qui sont associés à des maladies monogéniques.

Marché aux fleurs près
de Peshawar, au Pakistan,
décembre 2018.

« Nous avons limité notre champ d'investigation aux déficiences intellectuelles et à la cécité, explique Stylianos Antonarakis. Ces deux infirmités sont les plus faciles à détecter par les responsables de soins dans les villages ou dans les quartiers. »

De son côté, Muhammad Ansar, désormais durablement installé à Genève, s'est chargé de rallier sept universités pakistanaïses au projet afin de disposer de centres capables d'établir

« Si l'on tombe sur un gène déjà identifié comme étant une cause de maladie, on laisse le cas de côté, précise Stylianos Antonarakis. Sinon, on poursuit le travail. Pour l'instant, on trouve un nouveau gène chez une famille sur cinq touchées par une forme de cécité. Pour la déficience intellectuelle, le rapport moyen est même de 1 sur 3,5. Les résultats sont tels que plusieurs autres institutions scientifiques et sanitaires du Pakistan aimeraient travailler avec nous. Certaines souhaitent désormais rassembler une population de contrôle d'au moins 10 000 personnes et élargir les investigations aux maladies des reins, de l'audition, du système immunitaire, etc. »

Le moyen le plus efficace d'éviter les maladies monogéniques récessives serait encore d'abandonner la pratique des mariages entre cousins. Cette tradition est cependant tolérée par l'Islam et très ancrée dans la culture du Pakistan qui compte beaucoup de communautés isolées les unes des autres et très peu mobiles.

Les populations concernées estiment par ailleurs que les unions entre germains comportent de nombreux avantages. Elles sont considérées comme un élément stabilisateur, puisque les deux parties se connaissent bien, et elles permettent à l'argent de rester au sein des familles. Par ailleurs, la pratique assez rigoriste de la religion empêche littéralement les jeunes hommes et les jeunes femmes de se rencontrer lorsque leur lien de parenté dépasse celui de cousin germain. Dans un tel contexte, il y a peu de chances que des arguments de santé publique fassent changer les choses dans un avenir proche.

Anton Vos

LE MOYEN LE PLUS EFFICACE D'ÉVITER LES MALADIES MONOGÉNIQUES RÉCESSIVES SERAIT D'ABANDONNER LA PRATIQUE DES MARIAGES ENTRE COUSINS

le phénotype des patients et de collecter des échantillons de sang et de salive. Le séquençage des génomes est réalisé à l'Université de Genève, qui dispose de la technologie et du savoir-faire nécessaires. Une bourse financée par le Fonds national pour la recherche scientifique permet d'ailleurs de faire venir un étudiant pakistanaïse à Genève tous les deux ans. Les vérifications sur des animaux de laboratoire génétiquement modifiés (mouches, poissons ou souris) sont ensuite confiées à d'autres institutions partenaires.

Sept nouveaux gènes À ce jour, environ 500 familles pakistanaïses consanguines ayant parmi leurs membres plusieurs enfants touchés par un des deux types de malformations ont été enrôlées dans le projet. Sept nouveaux gènes associés à des maladies monogéniques récessives jusque-là inconnues ont déjà été publiés, au rythme effréné d'un article tous les deux mois. Au moins 35 autres sont en phase de soumission auprès de différents journaux scientifiques.

En se faisant implanter une « antenne » lui permettant de « voir » les couleurs, l'artiste britannique Neil Harbisson est devenu le premier cyborg officiellement reconnu.



DOSSIER L'HUMAIN AUGMENTÉ

DEVENIR PLUS FORT, PLUS RAPIDE, PLUS INTELLIGENT, PLUS CONNECTÉ, VIVRE PLUS VIEUX ET EN MEILLEURE SANTÉ, REPOUSSER LES LIMITES DE LA SOUFFRANCE ET DE LA MORT : C'EST L'OBJECTIF QUE POURSUIT LE TRANSHUMANISME. UN RÊVE QUI, GRÂCE AUX PROGRÈS DE LA TECHNOLOGIE ET DES SCIENCES COGNITIVES, EST AUJOURD'HUI À PORTÉE DE MAIN. MAIS À QUEL PRIX ?

Dossier réalisé par Anton Vos et Vincent Monnet

Superman n'a qu'à bien se tenir. Aujourd'hui, n'importe quel quidam un tant soit peu aisé peut en effet améliorer sa vue et son ouïe, doper ses capacités physiques, recevoir des organes artificiels et des articulations flambant neuves ou encore augmenter ses capacités de concentration ainsi que sa résistance au sommeil. Et demain, il sera peut-être possible de faire naître des enfants protégés contre des maladies par des manipulations génétiques, de se faire installer des implants cérébraux permettant de communiquer directement avec des systèmes informatiques, voire de troquer son enveloppe charnelle contre une carapace robotisée. Mais dans quel but et avec quelles conséquences pour la société ? Sur mandat du World Economic Forum (WEF), c'est la question à laquelle s'est efforcé de répondre un groupe d'experts internationaux composé de généticiens, d'éthiciens, de philosophes, d'ingénieurs et de neuroscientifiques, dont Daphné Bavelier, professeure ordinaire au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, faisait partie. Entretien.

Campus : L'objectif de l'humain augmenté est d'améliorer les capacités physiques et intellectuelles d'« Homo sapiens » en s'appuyant sur la technologie. En soi, cette idée n'a rien de particulièrement neuf...

Daphné Bavelier : L'être humain étant une espèce en constante évolution du point de vue biologique, il est d'une certaine façon condamné à se dépasser. Depuis la nuit des temps, il cherche d'ailleurs à augmenter ses capacités naturelles. En fixant les comportements et les actions sociales, l'éducation peut, par exemple, être vue comme une des premières façons d'améliorer l'individu. On pourrait dire la même chose de l'imprimerie qui a permis d'accroître le savoir humain en offrant un support à la mémoire. Ce qui a changé, en revanche, c'est la vitesse à laquelle les nouvelles technologies se diffusent dans la société et l'étendue des perspectives qu'elles ouvrent aujourd'hui.

Pouvez-vous préciser ?

Avec un outil comme le CRISP-Cas9, méthode publiée en 2014 qui permet de modifier facilement et rapidement le génome des cellules animales et végétales, le domaine du possible en génétique s'est considérablement élargi, de même que les risques de dérive, comme l'a montré récemment le cas de ces deux nouveau-nés chinois modifiés de sorte qu'ils soient résistants à une forme du virus du sida. Un autre exemple concerne l'utilisation des substances psychoactives. Selon un rapport de l'Institut national de santé américain (NIH) publié en 2013, l'utilisation d'amphétamines aurait presque doublé entre 2008 et 2013, avec une utilisation croissante, en particulier parmi les groupes d'étudiants universitaires. Toujours aux États-Unis, il y a aujourd'hui des dizaines de milliers de personnes qui stimulent leur cortex cérébral dans leur salon à l'aide de dispositifs d'électrodes portables que l'on peut trouver en vente libre dans le commerce. Tout cela en n'ayant aucune idée des conséquences que ce type de manipulations peut avoir sur le long terme.

Sur quoi portait le mandat que le WEF a confié au groupe d'experts dont vous avez fait partie ?

Notre objectif consistait à fournir à tous les acteurs concernés une feuille de route pour exploiter les formidables opportunités offertes par la technologie dans le domaine de l'augmentation humaine dans une direction positive, en évitant ce que nous pourrions appeler un « effet Frankenstein ».

Comment avez-vous procédé ?

Nous avons d'abord cherché à évaluer la position de l'opinion sur le sujet. À cet égard, une étude menée par des membres de notre comité sur plus de 2000 citoyens américains adultes a montré que 95 % des sondés soutiennent une application réparatrice physique et que 88 % d'entre eux sont favorables à une intervention visant une réparation cognitive. Près d'un tiers des personnes interrogées se disent par ailleurs prêtes à accepter une modification physique ou cognitive qui aurait pour seul objectif d'améliorer leurs performances. Dans un tel contexte, il est urgent d'agir pour fixer des garde-fous car l'expérience montre qu'il est très difficile de faire machine arrière si on laisse faire la loi du marché.

Concrètement, que proposez-vous ?

À l'heure actuelle, il n'existe que très peu de guides, de réflexions ou de formations susceptibles d'aider un entrepreneur ou un chercheur à évaluer les risques et les vertus d'une innovation dans le domaine de l'augmentation humaine. Nous avons donc cherché à poser un cadre éthique permettant de lever certaines incertitudes.

Sur quoi repose-t-il ?

Notre postulat de départ, c'est de penser les améliorations humaines avec comme cadre de référence l'augmentation du bien-être. Ce choix s'inscrit en contraste avec des indicateurs économiques, tels que le PIB ou le taux de chômage. Il prend en compte les limites du modèle libéral, le fossé qui se creuse de plus en plus entre les plus riches et les plus pauvres et le sentiment de mal-être de plus en plus manifeste qui en découle.

Quelle est votre définition du bien-être ?

Celle que nous avons retenue est ancrée dans la théorie psychologique bien connue de l'autodétermination. Elle s'appuie sur trois grands axes : le respect de l'autonomie de l'individu, soit sa capacité à prendre des décisions conformes à ses croyances pour autant que celles-ci ne soient pas le reflet d'une perception totalement fautive du monde ; l'augmentation des compétences, pour autant que celles-ci soient durables et bénéfiques ; et enfin, la richesse des relations sociales, autrement dit, le fait de se sentir soutenu par son entourage.

Dans l'article que vous avez publié dans la revue « Nature Human Behaviour »*, vous insistez sur le fait que l'augmentation humaine dépasse de loin nos choix individuels pour impacter l'ensemble de nos sociétés. Dans quelle mesure ?



Daphné Bavelier

Professeure ordinaire à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation

Formée en biologie à l'École normale supérieure de Paris, Daphné Bavelier a obtenu un doctorat en sciences cérébrales et cognitives du Massachusetts Institute of Technology (Boston) avant de réaliser une formation en plasticité du cerveau humain au Salk Institute de San Diego. Elle a été membre de la Faculté de neurologie de l'Université de Georgetown et du Département des sciences cognitives et du cerveau de l'Université de Rochester avant de rejoindre l'UNIGE en 2011.

Chaque manipulation portant sur un individu a en effet des conséquences potentielles pour l'ensemble de la collectivité et l'augmentation des performances individuelles ne garantit pas celle du bien-être collectif. Si un pilote militaire se fait, par exemple, améliorer la vision, il est possible que cette amélioration de l'acuité visuelle devienne obligatoire pour faire ce métier. Dès lors, une personne souhaitant devenir pilote sans pour autant se faire opérer se ferait d'office écarter de la profession. De la même manière, si les parents pouvaient choisir certaines caractéristiques de leur bébé, comme la force musculaire, la couleur des yeux ou l'intelligence, cela pourrait avoir de graves répercussions sur l'équité humaine, notamment si cette augmentation est réservée à la partie de la population qui a les moyens de se l'offrir ou si elle permet d'obtenir une position privilégiée dans la société. On sait également que lorsque l'on renforce l'empathie des individus au sein d'une communauté, celle-ci devient certes plus solidaire mais elle rejette aussi plus fortement les autres groupes, donnant lieu à un effet potentiellement pervers.

Comment se prémunir contre de tels risques, sachant que des pays comme les États-Unis ou la Chine sont peu enclins à freiner l'innovation s'il y a d'éventuels bénéfices à la clé ?

Cela ne peut que passer par la mise en place de législations permettant de s'assurer qu'une augmentation des compétences individuelles ne se fasse pas au détriment de la collectivité. Les progrès liés à l'augmentation humaine ne devraient donc pas être utilisés à des fins de suprématie mais dans le cadre d'une sorte de « New Deal » basé sur une redistribution équitable des richesses et des capacités. C'est donc aux États qu'il revient d'agir, puisqu'ils sont les seuls à avoir les moyens de mettre en place de telles mesures.

De tels garde-fous existent notamment dans le monde de la pharmacologie. Faut-il s'inspirer de ce modèle ?

Le schéma de certification mis en place dans l'industrie pharmaceutique a le mérite d'être clair et d'offrir une grande sécurité. L'inconvénient, c'est que le processus est lourd, coûteux et qu'il ralentit considérablement les possibilités d'innovation. Personnellement, je serais donc plus favorable à un système permettant de conserver une certaine agilité tout en offrant une meilleure garantie du rapport coût-bénéfice que ce que l'on peut obtenir en passant immédiatement au processus de commercialisation.

SI LES PARENTS POUVAIENT CHOISIR CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE LEUR BÉBÉ, COMME LA FORCE MUSCULAIRE, LA COULEUR DES YEUX OU L'INTELLIGENCE, CELA POURRAIT AVOIR DE GRAVES RÉPERCUSSIONS SUR L'ÉQUITÉ HUMAINE

Les réflexions que vous avez menées pour le compte du WEF entrent-elles en résonance avec vos recherches, qui portent principalement sur la manière dont les nouveaux médias, tels que les jeux vidéo, peuvent être exploités pour favoriser l'apprentissage et la plasticité du cerveau ?

Ce qui est très frappant, c'est qu'il existe aujourd'hui une différence de perception très marquée, tant dans le monde de la recherche que dans l'opinion, entre une manipulation cognitive comportementale, comme celle que j'étudie par le biais des jeux vidéo, et des interventions plus « invasives » telles que l'usage de psychotropes ou de courant électrique. D'un point de vue neurologique, il n'y a pourtant pas de différences si fondamentales. Dans les deux cas, il s'agit en effet de changements qui sont relativement durables, qui ont des propriétés biologiques très similaires et qui mettent en jeu des mécanismes assez semblables.

* « Rethinking human enhancement as collective welfarism », par Daphné Bavelier, Julian Savulescu, Linda P. Fried, Theodore Friedmann, Corinna E. Lathan, Simone Schürle & John R. Beard, in « Nature Human Behaviour », vol. 3, pages 204-206 (2019).

Fabrication d'un « hôte » dans la série télévisée « Westworld ». Au fil des épisodes, ces androïdes qui peuplent un parc d'attractions se révèlent plus humains que les véritables humains.

ÉVOLUTION DE L'HOMME

L'«HOMO NOVUS», TRANSHUMAIN UTOPIQUE

AUGMENTER L'ÊTRE HUMAIN EN MODIFIANT CERTAINS DE SES GÈNES, C'EST PEUT-ÊTRE POSSIBLE. MAIS LA SEULE MANIÈRE D'OBTENIR DES RÉSULTATS INTÉRESSANTS CONSISTERAIT À MODIFIER SON GÉNOME ENTIER ET DONC À PRODUIRE UNE NOUVELLE ESPÈCE.

À quoi bon se lancer dans le transhumanisme si c'est pour se limiter à des modifications transitoires telles que la pose de quelques implants dont les effets disparaîtront avec l'individu égocentré qui aura choisi d'en bénéficier ou la modification de certains gènes ? Pour Denis Duboule, professeur au Département de génétique et évolution (Faculté des sciences), le mouvement intellectuel qui vise à l'amélioration de la condition humaine et qui connaît une popularité croissante doit viser beaucoup plus haut. Étant donné les possibilités mais aussi et surtout les limites de la génétique, la seule voie qui soit digne d'intérêt aux yeux du généticien genevois serait disruptive car elle envisagerait une modification du programme génétique humain si profonde qu'elle passerait carrément par la création d'une nouvelle espèce : l'*Homo novus*. Cette forme augmentée d'*Homo sapiens*, fabriquée à partir de son génome, présenterait des traits foncièrement différents, bien qu'impossibles à prévoir. Et parmi eux, pourquoi pas, se trouveraient certains des avantages tant convoités par les tenants du transhumanisme. Cette position radicale, utopique et provocatrice, Denis Duboule l'a notamment présentée lors d'une conférence publique organisée par l'association des Alumni de l'UNIGE au printemps 2018.

Quel que soit son degré d'intervention, la modification du programme génétique humain à des fins transhumanistes soulève d'abord la question épineuse du déterminisme génétique : Quel changement dans l'ADN produit quel résultat ? Les connaissances actuelles ne sont de loin pas suffisantes pour apporter une réponse précise mais elles permettent cependant déjà de planter un certain nombre de clôtures autour du champ des possibles.

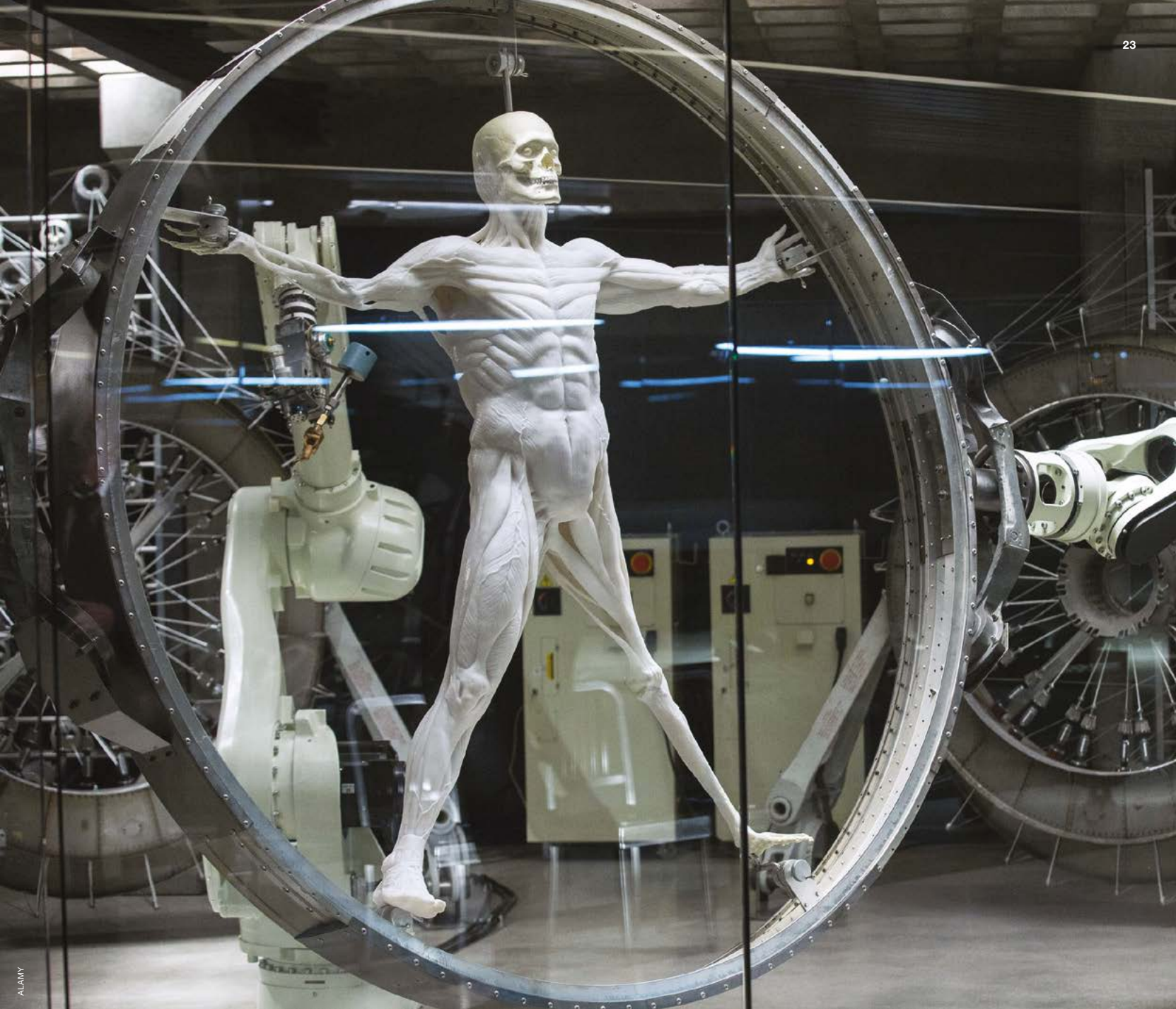
CHAQUE GÈNE POSSÈDE DE MULTIPLES FONCTIONS ET CHAQUE TRAIT DE L'ÊTRE HUMAIN EST DÉTERMINÉ PAR DES DIZAINES, VOIRE DES CENTAINES DE GÈNES

Les scientifiques ont longtemps considéré que l'unité de base du déterminisme génétique était le gène. Avant même qu'on découvre les mécanismes de l'hérédité, le naturaliste britannique Charles Darwin (1809-1882) suppose, au travers de sa théorie de l'évolution, que la variation des formes des êtres vivants est aléatoire, infinie et dénuée de cause. Pour lui, la sélection naturelle, en faisant le tri entre toutes les possibilités, est le seul moteur important dans le processus évolutif. À l'image du bec des pinsons des îles Galápagos dont la forme s'adapte à la nourriture locale, il considère alors que chaque trait peut être réduit à une unité d'informations élémentaires qui seraient libres de varier de façon autonome

Progrès spectaculaires Cette idée qu'il existe une relation directe entre une unité génotypique, une mutation dans l'ADN par exemple, et une unité phénotypique, c'est-à-dire un effet sur l'organisme, s'est propagée jusqu'à aujourd'hui.

La réalité est toutefois plus complexe que cela. Les progrès spectaculaires réalisés en génétique ces dernières décennies ont en effet révélé que chaque gène possède en fait de multiples fonctions à des temps différents et dans des contextes variés – plusieurs d'entre eux se retrouvent même presque à l'identique dans d'autres espèces vivantes. Inversement, chacun des traits morphologiques ou physiologiques de l'être humain est déterminé non pas par un mais par des dizaines, voire des centaines de gènes.

Ce changement de paradigme bouleverse le concept du déterminisme génétique sans l'éliminer pour autant. Il demeure en effet indéniable que deux génomes identiques produisent systématiquement le même résultat. Il suffit



DE L'ÉBAUCHE À LA PERFECTION

Selon Nick Bostrom, professeur à la Faculté de philosophie de l'Université d'Oxford, le transhumanisme se définit comme une façon de penser l'avenir qui repose sur le principe que l'espèce humaine, dans sa forme actuelle, n'a pas atteint la fin de son développement mais plutôt une phase relativement précoce. Le chercheur le voit aussi comme « un mouvement intellectuel et culturel qui affirme la possibilité et l'utilité d'améliorer fondamentalement la

condition humaine, notamment en développant et en mettant à la disposition du grand public des technologies permettant d'éliminer le vieillissement et d'améliorer considérablement les capacités psychologiques ». Enfin, il comprend l'étude des ramifications, des promesses et des dangers potentiels des technologies qui permettront de surmonter ces limitations humaines. Le transhumanisme peut être considéré comme une extension

de l'humanisme dont il est partiellement dérivé. Les humanistes croient que les individus comptent. Ils ne sont peut-être pas parfaits mais il est possible de les améliorer en promouvant la pensée rationnelle, la liberté, la tolérance, la démocratie et le souci de ses semblables. Les transhumanistes partagent cette vision mais soulignent en plus ce que l'humain a le potentiel de devenir. L'homme peut utiliser des moyens rationnels non seulement

pour améliorer la condition humaine et le monde extérieur mais aussi pour s'améliorer lui-même, c'est-à-dire l'organisme humain. Ce faisant, les transhumanistes ne se limitent pas aux méthodes humanistes traditionnelles telles que l'éducation et le développement culturel. Ils utilisent également des moyens technologiques qui permettront à terme d'aller au-delà de ce que certains pourraient qualifier d'humain.

<https://nickbostrom.com/>



Denis Duboule

Professeur au Département de génétique et développement de la Faculté des sciences

Professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne en 2006

Son travail porte essentiellement sur les gènes Hox impliqués dans la formation du plan du corps et des membres lors du développement.

Récipiendaire de nombreux prix et récompenses dont le Prix Latsis national (1994), le Prix Louis-Jeantet de médecine (1998), la nomination comme membre étranger de la Royal Society (2012), le Prix Marcel Benoist (2003) ou encore le titre de Chevalier de l'Ordre national de la Légion d'honneur (2013).

de voir la ressemblance frappante entre de vrais jumeaux pour s'en convaincre. En revanche, il ressort, au fur et à mesure que les connaissances s'étoffent, que l'on ne peut plus morceler le déterminisme d'un génome entier (compréhension l'ensemble des gènes, des parties non codantes, des éléments épigénétiques, une structure et une dynamique tridimensionnelles...) en sous-unités de base qui auraient chacune leur propre petit déterminisme, indépendant de celui des autres.

Cette complexité vient du fait que toutes les parties de l'organisme ont évolué de concert et non pas de manière indépendante les unes des autres. De ce point de vue, on pourrait donc voir l'humain comme un assemblage parfait de fonctions toutes imparfaites – plutôt que le contraire.

Le problème est que, dans ce contexte, le déterminisme d'un génome pris dans son ensemble devient nettement plus diffus que celui d'un seul gène ayant un seul effet. À tel point que la modification génétique d'*Homo sapiens* à des fins transhumanistes risque fort d'être décevante et très probablement illusoire.

Il sera certes un jour possible de perfectionner certaines fonctions humaines qui dépendent de causes génétiques bien identifiées, comme la production d'insuline, une fonction musculaire par-ci ou une fonction digestive par-là. Mais, pour Denis Duboule, ce ne sont là que des changements cosmétiques qui n'emmèneront pas *Homo sapiens* vers les nouveaux horizons promis par le transhumanisme (lire encadré).

Vision nocturne On pourrait souhaiter par exemple rendre à l'être humain la vision nocturne – une faculté qu'il a sans doute perdue au cours de l'évolution – sans passer par l'utilisation de caméras ou d'implants intraoculaires infrarouges. Il se trouve que pour ajouter cette option au modèle actuel d'*Homo sapiens*, il faudrait modifier une chaîne de causalité si complexe que nul ne sait à quoi ressemblerait le transhumain porteur de cette nouvelle fonctionnalité. Peut-être même, suggère Denis Duboule, ressemblerait-il à l'animal duquel on se serait inspiré pour acquérir cette vision nocturne.

Et si l'on voulait se faire pousser des ailes dans le dos, comme celles des anges, on serait confronté au même problème insoluble que le propriétaire d'un appartement qui aimerait construire ses toilettes au-dessus du salon de son voisin. Le plan, c'est-à-dire le programme génétique, ne le permet pas pour des raisons structurelles. La seule possibilité imaginable consisterait, dans ce cas, à remplacer les bras par des ailes et à transformer un tel nombre d'autres paramètres qu'il ne serait pas tellement étonnant que la créature résultant d'une manipulation si massive soit finalement munie d'un bec à la place de la bouche.

En bref, l'être humain, comme n'importe quel être vivant d'ailleurs, est contraint par l'héritage immémorial de son programme génétique et par ses règles de fonctionnement. Il est condamné à rester dans le cadre fixé par ce qu'autorise la génétique. Sans être figé, ce cadre est néanmoins relativement rigide. Toutes les formes ne sont pas réalisables. D'ailleurs, au cours de son évolution, *Homo sapiens* n'a pratiquement rien inventé en termes de morphologie ou de physiologie sauf peut-être s'est-il doté d'un cerveau à peine plus élaboré que celui d'un singe.

Big Genome Du point de vue transhumaniste, ce constat peut paraître décevant. Mais il existe encore un espoir, affirme Denis Duboule. La tâche principale des êtres humains, rappelle-t-il, consiste à transmettre un génome aux générations suivantes. Non pas son génome unique mais des milliers, voire des millions d'entre eux, c'est-à-dire une quantité suffisante pour permettre d'assurer la pérennité de la formule chromosomique qui définit l'espèce.

Partant de ce constat, le généticien genevois estime qu'un transhumanisme digne de ce nom doit commencer par la création d'un génome humain de référence. Celui-ci serait issu de la synthèse effective de ces millions de génomes humains venus de toute la planète à partir desquels un certain nombre de règles normatives pourraient être extraites. Baptisée *Big Genome*, cette séquence d'ADN « modèle » n'existerait au départ que sur ordinateur et servirait à vérifier ce qui est génétiquement réalisable ou non (ce qui sous-entend également que l'on soit en mesure de maîtriser et de simuler tous les mécanismes biomoléculaires du fonctionnement d'un génome, ce qui demandera encore un peu de

travail). En modifiant ensuite l'algorithme à volonté, on pourrait rechercher de nouveaux équilibres stables qui présenteraient un maximum de traits souhaités. Les résultats les plus satisfaisants ainsi obtenus pourraient ensuite être synthétisés et donner naissance à l'*Homo novus*, un homme véritablement nouveau, transcendant l'actuel *Homo sapiens* sur bien des points.

Denis Duboule ajoute à ce programme deux éléments à ses yeux essentiels. Il ne faudra pas oublier d'introduire des paramètres pouvant varier de façon aléatoire afin de générer un minimum de différences entre les individus qui rendront la vie en société acceptable. Et, surtout, il faudra faire en sorte que la formule chromosomique d'*Homo novus* soit incompatible avec celle d'*Homo sapiens*. Il s'agit d'éviter que ce nouveau génome ne se dilue dans l'ancien par des croisements illégitimes, comme cela s'est passé avec nos cousins néandertaliens, et qu'une vigueur hybride ne mette en danger la survie de cette nouvelle espèce.

L'ÊTRE HUMAIN EST CONTRAINT PAR L'HÉRITAGE IMMÉMORIAL DE SON PROGRAMME GÉNÉTIQUE ET PAR SES RÈGLES DE FONCTIONNEMENT

ÉTHIQUE

QUE RECHERCHE LE TRANSHUMAIN? LE BONHEUR, PARDI!

LE MOUVEMENT TRANSHUMANISTE PROMET UN AVENIR RADIEUX.

IL N'EST PAS CERTAIN, POURTANT, QUE LE BONHEUR SOIT AU RENDEZ-VOUS, ESTIME BERNARD BAERTSCHI, DE L'INSTITUT ÉTHIQUE, HISTOIRE, HUMANITÉS.



Bernard Baertschi

Membre à l'Institut Éthique, Histoire, Humanités (Faculté de médecine)

1980: Thèse de doctorat en philosophie à l'Université de Genève.

De 1983 à 1997: Président de la Société suisse de philosophie.

De 2002 à 2014: Membre de la Commission fédérale d'éthique pour la biotechnologie dans le domaine non humain.

Il est possible que l'être humain, aidé par les progrès technologiques, se dirige vers un stade de développement et d'accomplissement supérieur, comme le professent les tenants du mouvement transhumaniste. Rien n'indique, toutefois, qu'il y trouve plus de bonheur que dans sa condition actuelle.

Telle est en tout cas la conclusion d'une réflexion que Bernard Baertschi, philosophe et membre de l'Institut Éthique, Histoire, Humanités (Faculté de médecine), a partagée dans le dernier numéro du *Journal international de bioéthique et d'éthique des sciences*, par ailleurs entièrement consacré au transhumanisme.

«*L'être humain aspire à devenir meilleur, rappelle le philosophe. L'éducation et l'invention des outils l'y aident depuis très longtemps. Mais pour aller où?*» Le maître de recherche et d'ensei-

gnement aujourd'hui à la retraite rappelle que dans son ouvrage *Malaise dans la culture* paru en 1930, le médecin viennois Sigmund Freud, fondateur de la psychanalyse, s'est déjà interrogé en son temps sur l'impact des technologies (lunettes, télescope, téléphone...) qui prolongent et augmentent les capacités naturelles de l'être humain :

«*L'homme est devenu pour ainsi dire une sorte de «dieu prothétique», dieu certes admirable s'il revêt tous ses organes auxiliaires, mais ceux-ci n'ont pas poussé avec lui et lui donnent souvent bien du mal. [...] L'avenir lointain nous apportera, dans ce domaine de la civilisation, des progrès nouveaux et considérables, vraisemblablement d'une importance impossible à prévoir; ils accentueront toujours plus les traits divins de l'homme. [...] Nous ne voulons toutefois point oublier que,*

pour semblable qu'il soit à un dieu, l'homme d'aujourd'hui ne se sent pas heureux.»

Force est de constater que l'homme du XXI^e siècle n'est pas beaucoup plus heureux que son ancêtre du XX^e. Qu'à cela ne tienne! Le transhumanisme, qui a repris le projet

à son compte, promet, à son tour, performances, bonheur et longévité. L'un des principaux penseurs du transhumanisme, Nick Bostrom, professeur à la Faculté de philosophie de l'Université d'Oxford, écrit ainsi que «*lorsque les modificateurs de l'humeur seront plus sécuritaires et sans effets secondaires et que les thérapies géniques existeront, l'ingénierie d'un «paradis» de l'esprit deviendra une possibilité réalisable*». Changer la nature humaine, que ce soit par la prise de médicaments psychotropes, la pose de prothèses ou la modification de l'ADN est d'ailleurs une perspective qui ne pose pas de pro-

blème moral particulier aux tenants du transhumanisme.

«*Le transhumanisme se situe dans une longue tradition pour laquelle ce qui fait la valeur de l'être humain ne réside pas dans le fait qu'il est humain mais qu'il est une personne, c'est-à-dire un être doué de raison*», écrit Bernard Baertschi, qui termine actuellement un ouvrage intitulé *De l'humain augmenté au posthumain. Une approche bioéthique* à paraître cette année aux éditions Vrin. Nous pouvons donc espérer un avenir plus radieux que le présent. Il reste que la vie que nous menons dans nos sociétés contemporaines, où tout va plus vite et plus fort, ne paraît pas nous mener dans cette direction.»

En effet, la vie dans les grandes villes anonymes, l'insécurité causée par la globalisation et les changements d'emplois, le stress au quotidien, les tensions politiques, l'angoisse

**«NOUS NE VOULONS
TOUTEFOIS POINT
OUBLIER QUE,
POUR SEMBLABLE
QU'IL SOIT À UN
DIEU, L'HOMME
D'AUJOURD'HUI NE SE
SENT PAS HEUREUX»**

SIGMUND FREUD



Dans les années 1930, Sigmund Freud estimait déjà que l'impact des technologies qui prolongent et augmentent les capacités de l'être humain en font un « dieu prothétique ».

liée aux changements climatiques pourraient très bien être incompatibles avec une vie épanouie. *« Plutôt que de nous médicaliser dans le but de nous adapter à notre environnement toxique, nous devons le changer »*, propose d'ailleurs Neil Levy professeur de philosophie à l'Université d'Oxford. Faute de quoi, le risque existe que l'aspiration au meilleur se retourne contre elle-même et mette l'humain dans une situation pire, non du point de vue technique, mais sur le plan de l'épanouissement et de son accomplissement.

Bernard Baertschi estime par conséquent que si le transhumanisme veut réparer les erreurs humaines qui ont façonné le monde actuel, il devra aussi viser à l'amélioration morale de l'être humain. Une proposition dont il admet qu'elle peut signifier un espoir pour certains mais aussi un cauchemar pour d'autres.

Améliorer la morale n'est pas une quête nouvelle. L'éducation et les politiques sociales y contribuent depuis longtemps. Dans le pur esprit transhumaniste, on peut imaginer des dispositifs électriques et magnétiques ainsi que des substances, comme l'ocytocine ou la dopamine, agissant sur le cerveau et capables d'influencer l'état affectif dans un sens jugé souhaitable. Il pourrait également se révéler

bénéfique de diminuer artificiellement le taux de testostérone élevé dans le sang chez certains individus. Une haute concentration de cette hormone est en effet associée à des personnes moins généreuses et qui ont tendance à punir plus sévèrement les actes qu'elles désapprouvent. Il vaudrait sans doute aussi la peine d'agir contre l'agressivité excessive et le racisme en modulant directement les émotions qui y sont liées à travers d'autres interventions dans le cerveau.

Le problème, admet Bernard Baertschi, c'est qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, une idée claire et consensuelle de ce que signifie exactement « moralement meilleur ». Par ailleurs, si l'on voulait intervenir dans le cerveau de quelqu'un, il faudrait dans l'idéal obtenir son consentement libre et éclairé. Et tant qu'un raciste ne voit rien de répréhensible dans sa haine de l'autre, il est peu probable qu'il accepte d'avaler la pilule « antiraciste ».

Et le philosophe genevois de conclure : *« Il existe des désaccords sur le contenu de la morale, de même qu'il en existe sur le contenu du bonheur ou de l'épanouissement – d'ailleurs les deux vont ensemble. Bref, le constat de Freud reste valable et les prédictions de Bostrom ne sauraient suffire si on voulait faire mentir le médecin viennois. »*

CYBORGS

« POUR NOUS, LA DIMENSION SOCIALE ET AFFECTIVE EST FONDAMENTALE »

RELIER L'ÊTRE HUMAIN À LA MACHINE : C'EST L'OBJECTIF DE LA BCI (BRAIN COMPUTER INTERACTION). UN CHAMP D'ÉTUDE EN PLEINE EXPANSION DEPUIS UNE VINGTAINE D'ANNÉES. TOUR D'HORIZON AVEC THIERRY PUN, PROFESSEUR HONORAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.



Thierry Pun

Professeur honoraire du Département d'informatique de la Faculté des sciences

Formation : Doctorat à l'EPFL en 1982, «visiting fellow» aux Instituts nationaux de la santé (États-Unis), chercheur au CERN.

Parcours : Maître d'enseignement et de recherche, professeur adjoint, puis professeur ordinaire à l'UNIGE, Thierry Pun a dirigé à partir de 1989 le laboratoire de vision par ordinateur et multimédia du Département d'informatique. Membre de l'Académie suisse des sciences techniques depuis 2017, il est l'auteur d'environ 350 articles scientifiques.

Citoyen britannique, Neil Harbisson souffrait depuis sa naissance d'achromatopsie, une maladie génétique rare qui ne lui permettait de voir qu'en noir et blanc. En 2004, il est devenu le premier cyborg officiellement reconnu, après l'installation d'une caméra et d'un système transformant les couleurs en sons reliés à sa boîte crânienne. Devenu tétraplégique à la suite d'un accident de vélo, l'Américain Bill Kochevar est, lui, parvenu en mars 2017 à contrôler les muscles de son bras droit par la pensée via une neuroprothèse développée par une université de l'Ohio (Case Western Reserve University). Non content de vouloir décrocher la Lune avec son projet SpaceX (lire en page 39), le milliardaire Elon Musk envisage de son côté d'insérer une couche d'intelligence artificielle dans le cerveau en vue de soigner certaines maladies nerveuses et d'accroître les capacités cognitives des individus. Loin d'être en reste, Facebook mobilise depuis deux ans une soixantaine de scientifiques afin de développer une interface capable de retranscrire des pensées sur un clavier à la vitesse de 100 mots par minute. Bien qu'ils soient encore pour la plupart en phase expérimentale, ces projets témoignent tous à leur manière des énormes progrès accomplis ces dernières années en matière d'interactions entre l'homme et la machine. Un concept sur lequel Thierry Pun, aujourd'hui professeur honoraire de

la Faculté des sciences, et ses collègues du Département d'informatique planchent depuis près de deux décennies. Entretien.

Campus : Près de 100 000 personnes dans le monde sont aujourd'hui équipées d'un dispositif cérébral permettant de réguler les tremblements dus à la maladie de Parkinson et 250 000 autres entendent de nouveau grâce à des électrodes implantées au niveau du nerf auditif. L'objectif de la BCI (acronyme anglais d'interaction cerveau-ordinateur) est de franchir une étape supplémentaire. En quoi consiste-t-elle ?

Thierry Pun : L'idée de base de l'interaction cerveau-machine est de parvenir à commander un ordinateur ou toute autre interface informatique sans y toucher, par la seule force de la pensée.

Comment s'y prend-on ?

À défaut de lire les pensées d'un individu, ce qui relève pour l'heure du fantasme, il est possible, en utilisant un électroencéphalogramme, de reconnaître les signaux émis lorsqu'un individu effectue certaines tâches mentales. Le simple fait d'imaginer que vous serrez le poing, que vous écoutez de la musique ou que vous visualisez un objet active en effet des aires particulières du cerveau, en l'occurrence les aires motrices, auditives et visuelles. On peut ainsi composer un alphabet de tâches mentales

« L'IDÉE DE BASE EST DE COMMANDER UN ORDINATEUR SANS Y TOUCHER, PAR LA SEULE FORCE DE LA PENSÉE »

Inauguré en 2009, le « Brain and Behaviour Laboratory » de l'Université de Genève est un complexe de 400 m² entièrement consacré à l'étude du cerveau et du comportement humain.

puis associer à chaque « lettre » une commande spécifique. Une personne handicapée pourrait ainsi faire avancer son fauteuil roulant en songeant à un air familier et le stopper en se représentant une fleur. Divers laboratoires sont actifs dans ce domaine, comme celui de José del R. Millán au Campus Biotech, qui explore, entre autres, des solutions pour les personnes souffrant d'un syndrome « locked in » et qui sont donc conscientes sans pouvoir ni bouger ni parler.

Quelles sont les principales difficultés auxquelles font face les chercheurs ?

Même si les progrès sont continus dans ce domaine, les prototypes actuels restent assez lents et il n'est pas possible pour l'instant d'émettre de façon fiable beaucoup plus qu'une dizaine de commandes par minute. Un autre

Existe-t-il d'autres approches que celle reposant sur cet « alphabet mental » ?

Il y a une dizaine d'années, nous avons testé un dispositif permettant d'écrire sur un écran d'ordinateur par la pensée. Le système était basé sur le même phénomène qui se produit lorsque vous apercevez soudainement la personne que vous attendez au coin de la rue. Cette reconnaissance génère un signal particulier dans le cerveau qui, dans le cas présent, est déclenché par l'apparition de la lettre souhaitée dans une liste qui défile très rapidement. Nous pouvions atteindre quelques caractères par minute avec pas mal d'erreurs. Maintenant, sur la base de techniques d'apprentissage automatique, les systèmes actuels permettent de reconnaître plus d'une dizaine de lettres par minute, et visent même à la reconnaissance directe de mots entiers.

En collaboration avec le Centre interfacultaire en sciences affectives, vous vous spécialisez depuis une quinzaine d'années dans le développement d'outils informatiques permettant de mesurer l'état émotionnel d'une personne. Pourquoi ?

Nous souhaitons nous concentrer sur les dimensions sociale et affective des interactions, qui nous apparaissent comme fondamentales. Notre but est de rendre plus naturelles les interactions humain-machine, et de faciliter les interactions entre humains, en exploitant les possibilités offertes par l'informatique. C'est ce que nous appelons l'informatique affective.

Avec quels résultats ?

En analysant les expressions faciales, les postures, la voix et divers signaux physiologiques, on est capable de déterminer si un individu est gai ou triste, en colère ou détendu. De la sorte, dans le cas d'une interaction, un/e partenaire ou un logiciel peut adapter son comportement. Par exemple, lorsque des personnes collaborent sans nécessairement se voir, le système peut avertir qu'un partenaire se fâche. La difficulté d'un jeu peut également varier en fonction du ressenti du joueur pour maintenir la partie engageante et agréable. Dans le domaine de la santé, il est possible de déclencher une alerte si une personne présente des symptômes de détresse. Les résultats obtenus sont assez sûrs en laboratoire, mais les choses se compliquent à l'extérieur car il y a beaucoup plus d'éléments perturbateurs. Par ailleurs, dans un registre moins appliqué, nous nous sommes intéressés aux émotions de groupes et aux émotions esthétiques.

C'est-à-dire ?

Devant un feu d'artifice ou au cinéma, on éprouve des émotions qui sont induites par nos sens visuel et auditif,

EN ANALYSANT LES EXPRESSIONS FACIALES, LES POSTURES, LA VOIX ET DIVERS SIGNAUX PHYSIOLOGIQUES, ON EST CAPABLE DE DÉTERMINER SI UN INDIVIDU EST GAI OU TRISTE, EN COLÈRE OU DÉTENDU

grand défi, c'est de parvenir à mettre au point un système capable de répondre à des demandes émises de manière asynchrone, sans que le programme soit en attente d'une commande. On est donc encore relativement loin de pouvoir imaginer conduire une voiture ou guider précisément un robot par la seule force de la pensée.



DOROTHEE BAUMANN

et qui sont donc relativement complexes. Par ailleurs, on éprouve ces émotions en groupe, parfois de façon simultanée. C'est l'aspect de synchronisation des spectateurs qui nous intéresse. Quant aux émotions esthétiques telles celles qui peuvent nous empoigner en présence d'un paysage ou d'un objet artistique, les définir en pratique est un champ d'étude encore neuf. Pour tenter d'en apporter une définition pouvant être utilisée par un programme informatique, nous avons notamment enregistré et analysé les réactions d'un groupe de 35 personnes assistant à une projection de *Taxi Driver* au cinéma du Grütli à Genève.

Vous avez également développé des applications ayant un caractère un peu plus ludique...

Dans le cadre d'un projet en cours, l'équipe de Guillaume Chanel s'est associée avec un laboratoire parisien afin de développer un avatar donnant la meilleure impression possible aux individus avec lesquels il entre en contact. En 2012, nous avons par ailleurs mis au point un système visant à détecter l'état émotionnel d'une personne afin de l'aider à choisir la musique convenant le mieux à son humeur du moment. Enfin, nous avons également créé une version du jeu *Tétris* dont le niveau de difficulté varie en fonction de l'état de stress du joueur.

De nombreux « biohackers » implantent des composants électroniques dans leur organisme en dehors de tout cadre scientifique. Quel regard portez-vous sur ce type d'initiatives ?

On peut bien sûr y voir une analogie avec les développements informatiques qui se sont souvent produits dans des cadres inattendus. Mais on touche avec le biohacking à l'intégrité de la personne et de l'organisme. Ces pratiques présentent bien évidemment des risques tant sanitaires qu'éthiques et l'idée que des gens conduisent ce type d'essais « dans leur garage » me met très mal à l'aise. Comme il est virtuellement impossible d'empêcher la conduite de ces expérimentations, il est nécessaire d'en expliquer les risques et les conséquences possibles.

Lance Armstrong (déchu de ses titres en 2012 pour cause de dopage) et Marco Pantani (plusieurs fois soupçonné de dopage) à l'assaut du mont Ventoux lors de la 12^e étape du Tour de France 2000.



COMPÉTITION

LE SPORTIF AUGMENTÉ, STAR DE DEMAIN

LE DOPAGE, QUI VISE À AMÉLIORER LES PERFORMANCES DES ATHLÈTES, EST UNE PRATIQUE RÉPRIMÉE À L'AIDE D'UN ARSENAL DE MESURES SIMILAIRE À CELUI UTILISÉ CONTRE L'USAGE DES DROGUES. À CONTRE-COURANT, BENGT KAYSER, DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE, PROPOSE UNE RELAXATION PROGRESSIVE DE CES RÈGLES.



Bengt Kayser

Professeur à la Faculté de médecine de l'UNIGE et directeur à l'Institut des sciences du sport à l'Université de Lausanne

Naissance: 5 janvier 1956 à Utrecht, Pays-Bas.

Formation: Thèse en médecine à l'Université libre d'Amsterdam en 1994.

Parcours: Il est engagé à l'Université de Genève en 1996, au sein de l'Unité de développement et de recherche en éducation médicale avant de diriger l'Institut des sciences du mouvement et médecine du sport en 2002, puis l'Institut des sciences du sport de l'Université de Lausanne en 2013.

Même sans trop forcer sur le cynisme, la devise olympique, «plus vite, plus haut, plus fort» (*citius, altius, fortius*), peut se comprendre comme une invitation implicite au dopage. Ce qui est évidemment cocasse étant donné l'acharnement avec lequel le Comité international olympique (CIO) cherche à bannir des stades cette pratique honnie. Professeur à la Faculté de médecine et directeur de l'Institut des sciences du sport de l'Université de Lausanne (avec lequel l'ancien Institut des sciences du mouvement et médecine du sport de l'UNIGE a fusionné en 2013), Bengt Kayser estime, quant à lui, que cette contradiction n'est pas une fatalité. Contre l'avis de l'ensemble des institutions sportives de la planète, le médecin genevois et un nombre croissant de ses collègues du monde académique jugent en effet que sport d'élite et dopage – qui n'est après tout qu'une tentative parmi d'autres d'améliorer les capacités des athlètes – pourraient en réalité faire bon ménage. À condition de procéder à une libéralisation partielle et progressive des produits dopants et, surtout, d'accompagner les sportifs de manière à en réduire les risques. Après avoir abordé une première fois cette thématique dans un article paru dans *The Lancet* en 2005 – qui lui a d'ailleurs valu une exclusion du bureau de la Société suisse de médecine du sport –, il développe et discute aujourd'hui son point de vue alternatif dans une thèse qu'il a défendue en mai 2018 à l'Université catholique de Louvain*. Éclaircissements.

Inégalité des chances «L'un des arguments les plus populaires de la lutte antidopage est l'égalité des chances, note Bengt Kayser. C'est un leurre. Ça n'a jamais existé. Tout le monde ne bénéficie pas au départ des mêmes dispositions génétiques, du même environnement de vie ou encore du même accès à l'argent et à la technologie. Comme l'a formulé le physiologiste suédois Per-Olof Astrand, celui qui voudrait devenir champion olympique devrait commencer par bien choisir ses parents.»

Cette variabilité entre individus se retrouve aussi dans les réponses des athlètes à un même entraînement, à une même alimentation, etc. Dans ce contexte, on pourrait considérer que l'interdiction de produits améliorant les performances relève d'une forme de discrimination à l'encontre des sportifs chez qui ces substances auraient un effet susceptible, par exemple, de combler un déficit lié à leur héritage génétique.

Plus anecdotique : toute méthode visant à modifier l'ADN d'un concurrent étant strictement prohibée, les enfants récemment nés en Chine à la suite d'une supposée manipulation génétique leur octroyant une résistance à une forme du virus du sida sont d'ores et déjà exclus des compétitions professionnelles. Pour ces bébés, l'égalité des chances s'est envolée avec leur premier cri.

L'interdiction du dopage n'en reste pas moins une règle du jeu, comme le hors-jeu en football ou le let en tennis. Chacun doit la respecter, qu'il l'aime ou non, au risque de s'exposer à une juste indignation. Mais, estime Bengt Kayser, pour qu'une règle soit acceptée par tous,

**«COMME L'A FORMULÉ
LE PHYSIOLOGISTE
SUÉDOIS PER-OLOF
ASTRAND, CELUI QUI
VOUDRAIT DEVENIR
CHAMPION OLYMPIQUE
DEVRAIT COMMENCER
PAR BIEN CHOISIR
SES PARENTS»**

spectateurs, dirigeants et sportifs, il faut qu'elle fasse sens. Et sur ce point, le médecin genevois émet des doutes.

«La lutte antidopage est problématique à tous les niveaux, avance-t-il. Elle est d'abord très intrusive. Les athlètes doivent être disponibles tous les jours de l'année pour des contrôles inopinés, même la nuit. Ils doivent annoncer où ils se trouvent trois mois à l'avance. En cas de contrôle, le sportif est suivi jusque dans les toilettes. Il doit se dénuder devant l'inspecteur, des mamelles aux genoux afin de montrer que l'urine sort de son orifice anatomique. On utilise aussi des techniques forensiques permettant de cibler les individus et les moments dans leur carrière où le risque de dopage est le plus élevé. Sur son site internet, l'Agence mondiale antidopage (AMA) offre même la possibilité de dénoncer des cas de dopage. Les choses vont tout de même assez loin.»

Trois conditions Pour faire régner l'ordre, l'AMA dispose d'une liste de substances et de méthodes proscrites. Pour y figurer, ces dernières doivent remplir au moins deux des trois conditions suivantes : avoir le potentiel d'améliorer la performance sportive, représenter un risque pour la santé de l'athlète et violer l'«esprit du sport».

Pour Bengt Kayser, ce dernier concept est particulièrement pernicieux. Il a été défini de telle manière qu'il permet d'inclure un très grand nombre de substances, dont certaines n'ont aucun effet sur les performances. C'est le cas des dérivés du cannabis. Aucune recherche n'a pu montrer que fumer un joint ou manger un space cake donnait un quelconque avantage sportif (ce serait plutôt le contraire). Mais comme le cannabis est une drogue, interdite par la loi, il est également banni du sport car contraire à son esprit.

«Il ne faut pas oublier que si la lutte contre le dopage et celle contre la drogue ont des points communs, c'est que certaines des personnes qui les ont mises en œuvre au départ étaient les mêmes, surtout aux États-Unis», remarque Bengt Kayser.

La traque aux sportifs dopés s'avère toutefois inefficace. Environ 1 ou 2 % des contrôles seulement débouchent sur une suspicion de violation de la règle antidopage. Et, selon une analyse publiée en 2016, dans 40 % de ces cas, il n'y a pas assez d'arguments pour dire avec certitude que l'athlète

avait l'intention de se doper. Il peut s'agir, par exemple, de l'utilisation d'un médicament de la même marque qui, dans un pays, est «propre» tandis que, dans un autre, il comprend un composé prohibé en trop faible concentration toutefois pour avoir un effet sur la performance. Le sportif pris en faute sera puni malgré tout, en raison de l'application du principe de responsabilité absolue en vigueur dans la lutte contre le dopage.

En réalité, les spécialistes ont de bonnes raisons de penser que la proportion de sportifs recourant à des produits augmentant les performances avoisine la dizaine de pourcents, voire même plusieurs dizaines de pourcents dans certains pays et certaines disciplines – la plupart d'entre eux passant inaperçus lors des contrôles. *«Cela implique non seulement que, malgré les moyens considérables mis en œuvre pour démasquer les sportifs dopés, on a de bonnes chances d'en retrouver sur*

les podiums mais, en plus, que près de la moitié des personnes qui se font avoir malgré tout n'ont probablement pas eu l'intention de se doper, relève Bengt Kayser. Bref, c'est immoral.»

L'essence du sport Fort de ces constats, Bengt Kayser défend l'idée qu'il faut accepter que l'amélioration des performances, le dépassement de soi comme le prône le mouvement olympique, représente l'essence même du sport. L'athlète devrait dès lors avoir le droit de disposer de l'arsenal complet de moyens permettant d'y parvenir. Cela comprend l'entraînement, l'adaptation de son alimentation, la possibilité d'effectuer des séjours en altitude pour augmenter le taux de globules rouges dans le sang, de soumettre son corps

à toutes sortes de conditions particulières mais aussi le recours à certaines pratiques aujourd'hui interdites.

«Nous proposons une relaxation partielle de la règle antidopage, précise Bengt Kayser. Nous pourrions commencer par enlever de la liste des produits prohibés ceux qui n'ont aucun lien avec l'amélioration des performances. La seule exigence que nous voulons conserver est celle qui préserve la santé des athlètes. L'idée consiste à autoriser petit à petit des produits connus pour doper les capacités sportives tout en mettant en place un suivi médical pour surveiller l'effet de ces actions sur la population des athlètes. Si l'on détecte une augmentation de morbidité liée à la libéralisation d'un produit, rien n'empêche de revenir en arrière.»

Caster Semenya,
sprinteuse
sud-africaine lors de la
finale du 1500 mètres
à Gold Coast en
Australie, en avril 2018.

En mai 2019, l'athlète a perdu un recours auprès du Tribunal arbitral du sport (TAS) contre un règlement de l'IAAF (Association internationale des fédérations d'athlétisme) qui impose aux femmes hyperandrogènes de faire baisser leur taux hormonal à l'aide d'un traitement médical.

La double championne olympique et triple championne du monde du 800 mètres présente en effet un taux naturellement élevé de testostérone. Cette particularité est associée à une augmentation des performances physiques. Une conception datant des années 1980 et remise en cause aujourd'hui.

Le TAS a admis que le règlement de l'IAAF était une «discrimination» mais que celle-ci constituait un moyen «nécessaire, raisonnable et proportionné» de préserver «l'intégrité de l'athlétisme féminin dans le cadre de certaines disciplines».

Caster Semenya a assuré qu'elle ne suivrait jamais de traitement anti-hormonal.



Cela dit, l'efficacité de certaines substances ou méthodes n'est pas toujours établie. Les comités d'éthique ne sont pas friands de protocoles d'expérience visant à quantifier les effets de produits dopants, craignant justement d'en promouvoir la consommation auprès de la population. Les connaissances sur le sujet sont donc souvent lacunaires.

Le juste milieu Leur dangerosité est également débattue. La célèbre érythropoïétine (EPO), par exemple, est une hormone qui stimule la production de globules rouges chargés de transporter l'oxygène vers les muscles et les organes. On sait que son effet peut être mortel chez les souris transgéniques lorsque leur taux d'hématocrite dans le sang atteint des pics de 70 ou 80 %. Les patients anémiques et souffrant d'une insuffisance rénale, auxquels on prescrit justement de l'EPO, sont également susceptibles de développer des effets secondaires. Mais rien n'indique que ce soit le cas dans la population de sportifs a priori en excellente santé. En tout cas, des études sur la mort subite ont montré qu'on n'en trouve pas plus dans la communauté des athlètes que dans la population générale. Sauf que quand cela survient dans un stade, c'est plus spectaculaire.

« Nous pourrions donc fixer une limite à 50 % pour le taux d'hématocrite, comme c'était le cas auparavant, propose

Bengt Kayser. Peu importe comment le sportify arrive. Une telle mesure est très facile à mettre en place. Nous estimons d'ailleurs que, dans son ensemble, notre approche serait moins coûteuse que la lutte antidopage telle qu'elle est menée actuellement. De toute façon, éradiquer le dopage, c'est impossible. Le libéraliser totalement est également impensable. Notre proposition se situe entre les deux. »

Sa mise en œuvre – de toute façon irréaliste à l'heure actuelle – doit néanmoins encore être réfléchie plus en détail, admet le médecin genevois. L'exemplarité des sportifs pour la jeunesse, notamment, ne doit pas être sous-estimée et toute forme de dopage doit continuer d'être interdite aux mineurs, comme c'est le cas pour l'alcool et les cigarettes. La prise de substances améliorantes doit aussi être transparente, afin que le public sache à quoi il a affaire. Pour des raisons de fair-play, tous les athlètes devraient évidemment avoir les mêmes droits en la matière tout en étant informés et responsabilisés. Quant au débat sur l'impact de la libéralisation du dopage sur l'humanité, dont les conséquences peuvent aller assez loin grâce aux progrès génétiques et technologiques, il demeure ouvert. Au final, Bengt Kayser estime que le spectacle sportif pourrait même y gagner en intensité et en intérêt.

* "Ethical Aspects of Doping and Anti-Doping. In Search of an Alternative Policy", DOI: 10.13140/RG.2.2.30064.56327

POP CULTURE

SUPERMAN, PROZAC DE L'AMÉRIQUE

LA FIGURE DU SUPER-HÉROS TRAVERSE TOUTE LA CULTURE OCCIDENTALE AVANT DE SE DÉPLOYER PLEINEMENT DANS L'AMÉRIQUE DES ANNÉES 1930. **RETOUR SUR UN MYTHE MODERNE QUI EXALTE LA TOUTE-PUISSANCE DE L'INDIVIDU** FACE AUX LACUNES DE LA FORCE PUBLIQUE.



Michel Porret

Professeur ordinaire au Département d'histoire générale de la Faculté des lettres

Formation : Élève de la Scuola normale superiore de Pise (1986-1987), il est assistant (1987-1990), maître d'enseignement et de recherche, puis professeur ordinaire, dès 2003 au Département d'histoire générale.

Parcours : Auteur de plus de 200 publications, il est président des Rencontres internationales de Genève, coordinateur de l'équipe Damoclès, et rédacteur de la revue d'histoire du droit de punir « Beccaria ».

Le surhomme dont rêvent les tenants du transhumanisme existe depuis longtemps. De la Grèce antique au Moyen Âge, en passant par l'Amérique des années 1930, la figure du super-héros traverse en effet toute la culture occidentale avec des caractéristiques dont le bien nommé Superman offre une parfaite synthèse. Plongée dans l'univers de ces individus sans peur et sans reproche avec Michel Porret, professeur d'histoire moderne à la Faculté des lettres et grand connaisseur du neuvième art.

Le 18 avril 1938 est une date à marquer d'une pierre blanche dans l'histoire de la pop culture américaine. Ce jour-là, Clark Kent promène en effet pour la première fois son collant azur et sa cape écarlate sur les pages d'un magazine à grand tirage, en l'occurrence le numéro inaugural d'*Action Comics*, tiré à 200 000 exemplaires et vendu à l'époque pour 10 cents. Rencontrant un succès public immédiat, l'apparition du personnage imaginé cinq ans plus tôt par deux adolescents de 17 ans, Jerry Siegel et Joe Shuster, annonce une ère nouvelle : celle d'individus dotés d'une force, d'une intelligence et d'une droiture morale largement au-dessus de la moyenne et dont le succès commercial ne s'est depuis jamais démenti (1,2 milliard de dollars de recettes en quatre jours pour le dernier épisode d'*Avengers*).

« Entre 1931 et 1945, on assiste à la création en rafale de toute une série de super-héros, situe Michel Porret. Avant Superman, il y a *The Shadow* (1931), qui est un as de l'aviation doté du pouvoir d'invisibilité ou encore *Doc Savage* (1933), un milliardaire mélangeant la puissance physique de Tarzan et l'intelligence de Sherlock Holmes. Après, arrivent *Batman* (1939), *Green Lantern* et *Flash* (1940), *Captain America* et *Wonder Woman* (1941), pour ne citer que les plus connus. Ce qui est intéressant, c'est que tous disposent d'un certain nombre de caractéristiques communes qui vont durablement fixer le genre. »

« ENTRE 1931 ET 1945, ON ASSISTE À LA CRÉATION EN RAFALE DE TOUTE UNE SÉRIE DE SUPER-HÉROS DONT SUPERMAN EST L'ARCHÉTYPE »

La première tient à leurs capacités physiques largement au-dessus de celles dont dispose le commun des mortels. Dus à une mutation génétique (comme dans le cas de Spiderman ou de Hulk), à une provenance extraterrestre (Superman tire sa force de sa planète d'origine, Krypton) ou à un arsenal technologique (Batman ou Iron Man), ces « super pouvoirs » permettent de soulever des montagnes, de se déplacer à la vitesse de l'éclair, de résister à la douleur et même de voir à travers les murs.

Le second trait partagé par ces personnages est leur double identité. Sauf exception (Captain America, Iron Man), le super-héros agit dans le plus grand des secrets, le lecteur étant seul à connaître sa véritable nature. Cette

clandestinité va de pair avec l'usage d'un costume distinctif (généralement aussi moultant que possible) que ces forçats de l'ombre abandonnent sitôt qu'ils retournent à leur vie d'individu ordinaire.

Si quelques-uns disposent d'un alter ego (comme Robin dans le cas de Batman), la plupart agissent par ailleurs seuls, n'ayant ni amis ni famille. Enfin, tous sont portés par la même nécessité de mener une guerre totale contre le crime et l'injustice.

« La figure du super-héros telle qu'elle apparaît dans l'Amérique des années 1930 est très nettement marquée par

un double ancrage, complète Michel Porret. D'une part, celui de la mythologie grecque et de ses prolongements dans les récits médiévaux. De l'autre, celui de la littérature de la fin du XIX^e siècle qui voit fleurir les justiciers. »

À cet égard, la parenté avec le Comte de Monte Cristo et surtout Zorro relève de l'évidence. Tout comme ses héritiers, Don Diego de la Vega se cache derrière un masque, porte le costume et lutte en faveur de la veuve et de l'orphelin contre un État dévoyé, dans le cas présent par la tyrannie exercée par le sinistre commandant Monastorio. En remontant un peu le fil du temps, on peut ranger parmi les aïeux de Superman, Pierre Terrail, seigneur de Bayard (1475-1524), le fameux chevalier « sans peur et sans

Hercule moderne débarqué de la planète Krypton, le personnage imaginé par Jerry Siegel et Joe Shuster (incarné ici par Christopher Reeve) ne disposait pas de la faculté de voler avant la création du dessin animé homonyme pour la télévision américaine au début des années 1950.



reproche» aussi bien que Roland de Roncevaux, enfant doté d'une force phénoménale recueilli par un berger et insensible aux coups de ses ennemis. Plus loin encore, on trouvera le dieu germanique Thor, l'invulnérable Achille et, bien sûr Hercule auquel il est explicitement fait référence dès la première aventure de l'homme à la cape rouge. Éclairer cette filiation n'explique cependant en rien le déferlement aussi massif que soudain des super-héros dans l'Amérique des années 1930.

« Une des raisons que l'on peut avancer, c'est la profonde crise morale et politique que traverse alors ce pays, avance Michel Porret. En faisant exploser le chômage, la Grande Dépression a fait voler en éclats les rêves de millions de citoyens que l'État peine à protéger de la misère. À cela s'ajoute la montée en puissance du crime organisé face auquel la police, qui est une invention tardive aux États-Unis, semble incapable de lutter. Ce n'est d'ailleurs pas par hasard qu'au moment de la guerre du Vietnam, on verra apparaître une nouvelle génération de héros costumés avec des personnages comme Spiderman, Hulk, Dardevil ou le Surfer d'argent. »

Au contexte, il faut ajouter un dispositif de production permettant de faire partager cette nouvelle forme

culturelle à un très large public. C'est ce qu'offrent d'abord les *« pulp magazines »*, ces romans peu coûteux et de piètre qualité matérielle qui connaissent leur âge d'or durant la première moitié du XX^e siècle. Le cinéma prendra ensuite le relais, proposant en avant-programme de petites séries d'une vingtaine de minutes et d'une quinzaine d'épisodes parmi lesquelles les récits mettant en scène des super-héros vont rapidement se tailler la part du lion (les *« serials »*). Mais ce seront surtout les *comic books* qui vont populariser le genre à grande échelle avec des maisons d'édition comme DC Comics ou Marvel Comics dont certaines publications dépasseront les 2 millions d'exemplaires au cours des années 1970.

« Ce formidable succès, qui n'a pas d'équivalent en Europe, s'explique aussi en partie par l'idéologie que ces récits véhiculent, analyse Michel Porret. Le super-héros, c'est en effet le culte de l'individu poussé à son paroxysme. C'est l'image privée d'une forme de puissance capable de faire triompher le bien sans avoir de compte à rendre à la collectivité publique. En ce sens, c'est donc une forme d'archétype du « self-made-man » si cher au rêve américain. »



L'astronaute américain Buzz Aldrin fait ses premiers pas sur la Lune le 20 juillet 1969, dans le cadre de la mission Apollo 11.

« EN 2030, 100 PERSONNES VIVRONT SUR LA LUNE »

UN DEMI-SIÈCLE APRÈS L'ARRIVÉE D'APOLLO 11 SUR LE SOL LUNAIRE, L'HOMME S'APPRÊTE À Y FAIRE SON RETOUR, MAIS CETTE FOIS POUR S'Y INSTALLER DURABLEMENT. **ENTRETIEN AVEC BERNARD FOING, ASTROPHYSICIEN À L'AGENCE SPATIALE EUROPÉENNE ET DIRECTEUR DU GROUPE INTERNATIONAL LUNAIRE ILEWG.**

Le 21 juillet 1969 à 2 h 56 GMT, le vaisseau spatial américain Apollo 11 dépose Neil Armstrong et Buzz Aldrin sur le sol de la Lune pour ce qui est la première visite de l'être humain sur un objet non terrestre. Cinquante ans après cet événement suivi en direct par des millions de téléspectateurs, plusieurs programmes scientifiques ou commerciaux ambitionnent de franchir une étape supplémentaire en rendant possible une présence permanente sur notre satellite naturel. Entretien avec Bernard Foing, responsable de l'exploration lunaire au sein de l'Agence spatiale européenne.

Campus : Où étiez-vous le soir du 21 juillet 1969 ?

Bernard Foing : J'étais dans un camp de vacances en Haute-Savoie, pas très loin de Genève. J'étais déjà intéressé par l'astronomie à l'époque et je me rappelle avoir passé plusieurs soirées à la campagne, allongé sur le sol pour regarder la Lune et les étoiles. Dans mon souvenir, nous étions tous très excités ce soir-là par la perspective de ce qui allait se passer. D'autant que nous avions reçu l'autorisation exceptionnelle de nous lever au milieu de la nuit pour suivre la retransmission de l'arrivée du premier homme sur la Lune sur le téléviseur noir-blanc de la colonie.

Malgré l'énorme retentissement de cet événement, aucun homme n'a foulé le sol de la Lune depuis la fin du programme Apollo en décembre 1972, pourquoi ?

Parce que ces missions, qui ont permis de montrer au monde entier la supériorité technique des Américains, ont un coût exorbitant. Le budget d'Apollo est ainsi estimé à 150 milliards de dollars actuels, ce qui reste tout de même largement inférieur au coût humain et financier de la guerre du Vietnam qui a suivi. Mais aussi parce qu'une fois cet exploit accompli, l'intérêt des gouvernements s'est porté vers d'autres types de programmes tels que l'exploration du système solaire, avec l'envoi de la sonde Voyager en 1977, ou la construction de la Station spatiale internationale, qui a été mise en orbite en 2000.

Lancée en 2003 par l'Agence spatiale européenne, la mission Smart-1, dont vous étiez le directeur scientifique, a largement contribué à relancer l'intérêt pour la Lune. En quoi consistait-elle ?

L'idée générale était de tester un nouveau type de sondes spatiales plus petites et moins coûteuses que celles dont on disposait jusque-là. Smart-1 a d'abord été placée en orbite autour de la Terre avant de gagner celle de la Lune d'où elle a procédé à de nombreuses



Bernard Foing

Astrophysicien et scientifique senior de l'Agence spatiale européenne
Directeur exécutif du groupe international lunaire ILEWG

Formation : Doctorat en astrophysique et techniques spatiales, École normale supérieure (Paris-Saclay)

Carrière : Chercheur au CNRS à partir de 1986, Bernard Foing rejoint l'ESA en 1993 où il est notamment responsable scientifique du projet SMART-1, la première mission européenne sur la Lune, puis conseiller du directeur général. Il est également professeur de recherche spatiale à l'Université libre d'Amsterdam.

observations scientifiques. Les données ainsi récoltées ont permis d'apporter de précieuses informations sur la topographie, les ressources ou les différences de luminosité qui existent sur notre satellite naturel, où certaines régions, dont le « pic de lumière éternelle », profitent d'un ensoleillement de 100% durant l'été et de 80% durant l'hiver. Cette mission nous a aussi dotés d'une expertise que nous avons ensuite pu partager avec des pays comme les États-Unis, la Russie, la Chine, le Japon ou l'Inde.

Tous ces pays ont depuis lancé des missions vers la Lune. Avec quels résultats ?

Dans le cadre du programme « Chang'e », la Chine, avec laquelle l'ESA collabore étroitement, a lancé plusieurs sondes vers la Lune depuis 2007. Les deux premières sont restées en orbite. Chang'e 3 a déposé un lander et un rover sur sa surface et Chang'e 4 a donné lieu au premier alunissage sur sa face cachée. L'étape suivante, programmée pour la fin de

cette année, consiste à rapporter des échantillons sur Terre. En collaboration avec l'ESA, l'Inde a envoyé une première sonde en orbite en 2008 et s'apprête, après plusieurs reports, à lancer une nouvelle mission (Chandrayaan-2) qui devrait cette fois mener des explorations au sol. Enfin, la Russie projette, là encore avec le soutien de l'ESA, de lancer prochainement un engin capable de mesurer la distribution des glaces à proximité du pôle Sud lunaire.

Qu'en est-il du programme américain de portail en orbite lunaire (« Lunar Orbital Platform-Gateway ») ?

Annoncé par la Nasa en 2017, mais pas encore approuvé, ce projet pourrait inclure l'ESA, ainsi que les agences spatiales canadienne, russe et japonaise. Son but est un peu différent puisqu'il vise à installer une petite station orbitale autour de la Lune qui pourrait servir de base à des voyages plus lointains, par exemple en direction de Mars. Cependant, le vice-président Pence a récemment annoncé le retour des Américains sur la surface lunaire pour 2024, ce qui va modifier et accélérer les plans.

Les gouvernements ne sont plus seuls dans la course, puisque plusieurs entreprises privées développent aujourd'hui des véhicules destinés à voyager dans l'espace (lire ci-contre). Faut-il prendre ces démarches au sérieux ?

La perspective d'exploiter les ressources offertes par la Lune attise logiquement certaines convoitises mais cela permet aussi de stimuler l'innovation et, à terme, cela devrait conduire à baisser sensiblement le coût des vols spatiaux.

En tant que directeur du groupe de travail pour l'exploration internationale de la Lune, vous poursuivez également un objectif très ambitieux puisqu'il s'agit rien de moins que d'établir une présence permanente sur notre satellite naturel...

Le concept « Moon Village », qui a été développé pendant une vingtaine d'années avant

Transportée par fusée, la structure de la base lunaire projetée par l'ESA se déploie automatiquement. Le dôme est ensuite recouvert par une couche de régolithe afin de créer une coque de protection.

d'être popularisé par l'ESA en 2015 vise effectivement à installer durablement une communauté internationale d'êtres humains sur la surface de la Lune, au service d'usages et de clients multiples sur Terre.

Selon quel calendrier ?

Un premier groupe comprenant six à dix pionniers parmi lesquels on compterait des scientifiques, des techniciens et des ingénieurs pourrait s'installer d'ici à 2030. En 2040, il pourrait s'élargir à une centaine d'individus et on peut raisonnablement imaginer envoyer sur place un millier de personnes à l'horizon 2050, avec des familles et, pourquoi pas, les premières naissances hors du sol terrestre. Personnellement, je serais assez partant, même pour un aller simple. J'y profiterais de ma retraite avec une magnifique vue sur la Terre.

« JE SERAIS PARTANT MÊME POUR UN ALLER SIMPLE. J'Y PROFITERAIS DE MA RETRAITE AVEC UNE MAGNIFIQUE VUE SUR LA TERRE »

Une telle entreprise ne laisse que peu de place à l'improvisation. Comment s'y prépare-t-on ?

Depuis une dizaine d'années, nous avons organisé toute une série de programmes visant à tester des instruments, à valider nos procédures et à former de jeunes professionnels. Pour ce faire, nous avons longtemps utilisé une station située dans le désert de l'Utah avant d'installer cette année à Hawaï une base lunaire sur un site se rapprochant du décor que l'on peut trouver sur la Lune. Ce travail, que je supervise personnellement,



est très utile pour simuler ce que serait la vie sur une base lunaire non seulement du point de vue technique mais aussi du point de vue des rapports humains. On peut en effet aussi bien simuler une manipulation qu'analyser la manière dont un équipage international parvient à travailler ensemble, à se distraire ou à se reposer.

Répéter sur la Terre est une chose, construire un village sur la Lune en est une autre...

Effectivement, mais le fait est qu'une partie de ce village est déjà construite à l'heure où nous parlons. Certains éléments ont en effet été lancés par la flottille de sondes que nous avons placées en orbite de la Lune dans la foulée du lancement de Smart-1, ce qui constituait la première partie du programme.

Quelle est l'étape suivante ?

Le montage à proprement parler du village robotique que nous avons imaginé il y a quelques années déjà et qui va mobiliser une dizaine d'alunisseurs dans les prochaines années. Une fois que les structures de base auront pu être déployées et que ces habitats seront viables, nous pourrons envisager l'envoi des premiers humains sur place.

La Lune dispose-t-elle de suffisamment de ressources pour permettre la survie de ces colons à long terme ?

Sur la surface de la Lune, la température descend à -170° Celsius pendant la nuit, laquelle dure deux semaines. Pour survivre dans de telles conditions, il faut évidemment disposer de beaucoup d'énergie. Pour en obtenir, on peut stocker une partie du rayonnement solaire durant la journée ou exploiter les gaz qui se trouvent proches de la surface. Selon nos estimations, il y aurait par ailleurs dans les régions polaires situées à l'ombre plus d'un milliard de tonnes d'eau, sous forme de glace, dans les deux premiers mètres du sol lunaire. Une fois filtrée pour en expurger les résidus nocifs, cette eau pourrait remplir au moins une part des besoins des astronautes et elle pourrait également être utilisée pour propulser des fusées fonctionnant à l'oxygène ou à l'hydrogène. Cela représenterait une économie considérable puisqu'à l'heure actuelle, il faut compter près d'un million de francs suisses pour transporter un litre d'eau sur la Lune, ce qui fait tout de même cher la carafe.

Propos recueillis par Anton Vos
et Vincent Monnet

DES PRIVÉS DANS L'ESPACE

Créé en 2007, le concours Google Lunar X Prize prévoyait de verser 20 millions de dollars à la première équipe capable d'envoyer un robot sur la surface de la Lune à condition que celui-ci parcoure au moins 500 mètres et qu'il transmette des vidéos et des images en haute résolution. Il s'est achevé en 2018 sans connaître de vainqueur, mais quelques concurrents poursuivent leurs travaux à l'heure actuelle. La société Blue Origin, fondée en 2000 par Jeff Bezos, le patron d'Amazon, planche sur un véhicule pouvant remplacer la navette spatiale américaine. Elle a réalisé un premier vol commercial pour le compte de la Nasa en janvier dernier.

Après avoir réussi à envoyer une voiture en orbite autour de la Terre, Space X, la firme fondée par Elon Musk, est, quant à elle, devenue au mois de mars la première entreprise privée de l'histoire à mettre au point un vaisseau capable d'emporter des astronautes dans l'espace.



ENQUÊTE SUR LE « MIRACLE DE MEDELLÍN »

L'ANCIENNE CAPITALE DE LA DROGUE EST AUJOURD'HUI CITÉE COMME UN **MODÈLE DE VILLE INNOVANTE**. EN IMMERSION DANS LES QUARTIERS DE LA COMUNA 13, PATRICK NAEF CHERCHE À ÉVALUER L'IMPACT SOCIAL RÉEL DU PROGRAMME DE RÉNOVATION URBAINE MIS EN PLACE DEPUIS LE DÉBUT DES ANNÉES 2000.

Archive ouverte n° 108325

Désignée comme « la ville la plus innovante » de l'année 2013 par le très sérieux *Wall Street Journal*, Medellín est aujourd'hui devenue une destination très « tendance ». Aux touristes qui affluent, la « ville de l'éternel printemps » offre désormais de nombreux parcs, des musées, des bibliothèques flambant neuves et un système de transports publics qui fait la fierté des autorités locales.

Jusqu'au début des années 2000, la deuxième ville de Colombie ressemblait pourtant davantage au septième cercle de l'enfer décrit par Dante dans sa *Divine Comédie* qu'à un potentiel lieu de villégiature. Base opérationnelle d'une des plus grandes organisations criminelles du XX^e siècle – le cartel dirigé par Pablo Escobar – entre le début des années 1980 et le milieu des années 1990, la ville détient en effet pendant longtemps le plus fort taux d'homicide par habitant de la planète (390 pour 100 000 personnes en 1991).

Loin de ramener la paix, la mort du « roi de la cocaïne », abattu par la police nationale colombienne en décembre 1993, donne lieu à une décennie de guerre sans merci pour le contrôle des territoires tenus jusque-là par le baron de la drogue. Soumise aux feux croisés des Forces armées révolutionnaires de

Colombie (FARC), des groupes paramilitaires d'extrême droite et des trafiquants de drogue réorganisés en combos (l'équivalent des gangs américains), la population ne connaît guère de répit avant l'arrivée à la mairie de la ville de Sergio Fajardo, en octobre 2003, et la mise en place d'une politique de rénovation urbaine fondée sur l'innovation et la participation sociale.

CES MESURES ONT PERMIS DE RÉDUIRE LE TAUX D'HOMICIDE PAR HABITANT DE PRÈS DE 95%

Aujourd'hui citées en exemple dans le monde entier, ces mesures ont permis de réduire le taux d'homicide par habitant de près de 95 %, plaçant du même coup Medellín dans le peloton de tête des villes dites « résilientes » (lire en page 43). Peut-on pour autant parler de miracle comme l'ont fait de nombreux observateurs ?



Comuna 13, Medellín,
14 octobre 2017.

C'est la question à laquelle s'efforce de répondre Patrick Naef, collaborateur scientifique au Département de géographie et environnement (Faculté des sciences de la société). À cette fin, il mène depuis le début de l'année un projet de recherche consacré aux « entrepreneurs mémoriels » dans la « Comuna 13 », une zone urbaine qui comptait parmi les plus pauvres et les plus dangereuses de la ville et dont certaines rues sont en passe de devenir des attractions touristiques.

« J'ai découvert la Colombie en 2000, alors que le pays était en pleine guerre contre les FARC et autres groupes armés et je travaille sur le cas de Medellín depuis 2014, explique l'anthropologue. Je dois reconnaître que les progrès accomplis ces dernières années sont spectaculaires : le Métro câble (une sorte de télécabine urbaine, ndlr) a permis de désenclaver en partie les quartiers périphériques situés sur les hauteurs de la ville, les bibliothèques publiques ont élargi l'accès à la culture, la criminalité a reculé de façon très nette, il y a de nouveau de la musique partout et du monde dans les rues, y compris la nuit, alors que dans les années 1990, les gens n'osaient plus sortir de chez eux. Au-delà de la formidable vitrine qu'elles offrent à la ville, on peut cependant s'interroger sur l'impact social réel de certaines de ces mesures. »

Inauguré en 2012, le système d'escaliers électriques installé dans le quartier Independencia 1 pour un coût de près de 3 millions d'euros est ainsi surtout utilisé par les touristes et les journalistes qui y trouvent un moyen commode de découvrir les façades colorées et les fresques qui ornent désormais une partie de la Comuna 13.

« Beaucoup de gens du quartier auraient préféré que cet argent soit alloué à la construction d'une école ou d'un centre de soins, poursuit le chercheur. Cette installation ne leur est en effet pas très utile dans la mesure où elle ne tient pas compte des « frontières invisibles » qui délimitent les zones propres à chaque bande. Les gens du quartier préfèrent donc s'en passer plutôt que de prendre le risque de traverser une zone qu'ils ne connaissent pas. Cet exemple est à mon sens tout à fait révélateur du fossé qui existe entre la volonté des pouvoirs publics et la complexité des logiques communautaires. »

C'est précisément dans le but de mieux comprendre ces dernières que Patrick Naef s'intéresse plus particulièrement à ce qu'il appelle les « entrepreneurs de mémoire ». Artistes, victimes, paramilitaires, leaders communautaires, scientifiques ou journalistes, le terme regroupe tous les acteurs, issus tant des pouvoirs publics que de la société civile,



Medellín

Capitale du département d'Antioquia, Medellín est la deuxième ville la plus peuplée de Colombie. Bâtie sur les contreforts de la Cordillère des Andes, elle est divisée en 16 communes. Situé dans une cuvette, le centre-ville est surplombé par les quartiers les plus pauvres, dont la plupart sont constitués de bidonvilles.

Population : 2,5 millions d'habitants

Superficie : 380 km²

Altitude : 1500 m.



Les militants de «cuerpos gramaticales» demandent depuis 2014 l'exhumation officielle des centaines de cadavres enterrés dans la décharge de l'Escombrera. À droite, Patrick Naef, lors de l'édition 2015 de la manifestation.



qui élaborent ou expriment un discours sur la mémoire du conflit urbain qui a fortement traumatisé certains quartiers de la ville. L'objectif étant de donner aux victimes et à leurs proches des moyens leur permettant de reconstruire des liens avec un territoire dont ils ont été entièrement ou partiellement exclus.

«Je me suis rapidement aperçu qu'il était difficile d'obtenir des réponses ou des rendez-vous lorsqu'on communique par e-mail avec la Colombie, précise Patrick Naef. Pour que les choses avancent, il faut être sur place et trouver quelqu'un susceptible de faire l'intermédiaire entre vous et la personne avec qui vous cherchez à entrer en relation. Petit à petit, cela crée un effet boule de neige qui vous permet d'obtenir les contacts dont vous avez besoin.»

Dans le cas de la Comuna 13, c'est le milieu du hip-hop qui a servi de porte d'entrée au chercheur. Après avoir assisté à quelques concerts, Patrick Naef est parvenu à présenter son projet à différents artistes très impliqués dans la vie du quartier où ils jouent le rôle de leaders sociaux. Rapidement payante, cette stratégie lui a non seulement permis de nouer quelques solides amitiés mais également d'intégrer un «parche» (terme qui recoupe à la fois la notion de groupe et de lieu, ndlr) organisant différentes actions collectives en vue de se réapproprier l'espace public. *«Chaque fois que je reviens à Medellín, poursuit le jeune chercheur, je retourne voir ces personnes. En plus d'être des amis, elles sont pour moi, la fois des sujets d'étude, de précieux informateurs et des*

personnes ressources qui peuvent, par exemple, me guider dans certains quartiers où il serait dangereux que je me rende seul.»

Depuis ce poste d'observation privilégié, Patrick Naef a eu la possibilité de participer à quelques-unes de ces actions communes. Il a ainsi été enrôlé pour donner un coup de main à la construction d'une maison, pour participer à des repas collectifs ou à des opérations de jardinage visant à transformer des zones utilisées comme décharge locale en potagers urbains. Il a également eu l'honneur de devenir le premier étranger à être invité à participer à une manifestation singulière baptisée «cuerpos gramaticales». Organisé chaque année au mois d'octobre depuis 2014, l'événement vise à lancer un processus d'exhumation officiel des centaines de corps enterrés dans la décharge de l'Escombrera à la suite des opérations meurtrières de «nettoyage social» menées depuis une vingtaine d'années par les paramilitaires dans la Comuna 13. Cette action de résistance collective, qui se veut un geste à la fois symbolique et artistique, consiste, pour plusieurs dizaines de participants, à s'enterrer jusqu'à la taille puis à demeurer ainsi pendant près de six heures afin de manifester de manière pacifique leur mécontentement.

«Je n'étais pas très à l'aise à l'idée de me retrouver à côté de tous ces gens qui avaient perdu un proche alors que je suis juste un chercheur étranger, commente le principal intéressé. Je craignais de ne

pas être à ma place mais mes amis ont insisté pour que je participe, si bien que j'ai fini par accepter. C'est une expérience que je ne suis pas près d'oublier, même s'il m'a fallu prendre un peu de recul lorsque j'ai traité les données.»

Loin d'en avoir fini avec Medellín, Patrick Naef prévoit de poursuivre son immersion au cours de plusieurs séjours qui restent à planifier. Des voyages qui lui permettront de poursuivre la réalisation d'entretiens et, si la chose est possible, de les élargir à un certain nombre de groupes focaux. Dans un futur proche, le chercheur envisage également de construire diverses «cartes mentales», c'est-à-dire des plans de la ville mettant en regard le sentiment de dangerosité qu'éprouvent les habitants du quartier, la violence effective et les différentes pratiques mémorielles menées sur place. *«Le danger, c'est aussi une question de perception, conclut-il. Il faut beaucoup de temps pour que les gens comprennent qu'un quartier réputé dangereux ne l'est plus. C'est typiquement un élément que les politiques publiques peinent à prendre en compte. Pour que la transition fonctionne, il ne suffit pas de construire des routes ou d'installer un éclairage public. Il faut tout un travail d'accompagnement qui passe notamment par le fait d'amener les gens sur place et de leur donner le temps de changer leurs habitudes. Ce n'est qu'à cette condition que l'on peut véritablement parler de résilience.»*

Vincent Monnet

LA RÉSILIENCE APPLIQUÉE AUX VILLES

Forgé dans le monde de la physique et de la psychologie, le concept de résilience s'est progressivement étendu à l'écologie puis aux centres urbains, dans la foulée de l'ouragan Katrina qui a dévasté la Nouvelle-Orléans en 2005. La «ville résiliente» se définit par la capacité d'une métropole à

s'adapter pour se remettre des perturbations climatiques ou environnementales ainsi que des tensions économiques ou sociétales qui la traversent. Les indicateurs généralement pris en compte pour évaluer le degré de résilience d'une ville sont les infrastructures, les aménagements, l'économie, le développement

social et la gestion de ressources. Lancé en 2013 par la Fondation Rockefeller, le programme «100 villes résilientes» a pour but de soutenir et d'encourager ces transformations. Soutenu par un budget initial de 100 millions de dollars, il offre notamment à ses membres, qui sont recrutés sur concours, l'assistance d'un réseau

d'experts ainsi que l'accès à des fournisseurs de service ou des partenaires – issus des pouvoirs publics, du secteur privé ou des organisations internationales – susceptibles de les aider dans la mise en œuvre d'une stratégie de résilience. Plus de 1000 villes ont participé au dernier appel à projet, lancé en 2016.

L'ASTROPHYSICIENNE QUI JOUE AVEC LES PLANÈTES

NOMMÉE PROFESSEURE ASSISTANTE AU DÉPARTEMENT D'ASTRONOMIE CET AUTOMNE, **ÉMELINE BOLMONT** CRÉE DES MODÈLES SIMULANT L'ÉVOLUTION, LA DYNAMIQUE, LE CLIMAT ET L'HABITABILITÉ DES EXOPLANÈTES. ELLE APPORTE UNE EXPERTISE FACILITANT LA COMPRÉHENSION DES OBJETS QUE LES ASTRONOMES DÉCOUVRENT.

Le travail d'Émeline Bolmont pourrait s'apparenter, aux yeux d'un profane, à une partie du jeu *Sim City* dans lequel on ne construirait pas une ville mais une planète ou un système planétaire entier. Un des axes de recherche de la professeure assistante nommée en septembre dernier au Département d'astronomie (Faculté des sciences) consiste en effet à concevoir de tels objets à sa guise. Comme un démiurge, elle déforme leur orbite, fait varier leur composition, incline leur axe de rotation, les éloigne ou les rapproche de leur étoile, change le gaz composant leur atmosphère. Elle vérifie ensuite vers quoi évolue le résultat et si ce dernier – calculé par de puissants programmes de simulation – correspond à un endroit susceptible d'accueillir la vie. Pour donner du sens à cette exploration *in silico*, elle tente enfin de déterminer si – et comment – ces candidates au statut de planète habitable pourraient être identifiées comme telles au cas où elles devraient se trouver pour de vrai dans la mire d'un instrument de mesure astronomique.

Ce sont ses talents dans ce domaine de la modélisation – dans le code, selon ses termes – qui ont séduit les responsables du Pôle de recherche national (PRN) PlanetS alors qu'ils cherchaient à renforcer le groupe basé à Genève. Mais pas seulement.

Promesses scientifiques «*Émeline Bolmont a convaincu le jury par l'enthousiasme et les promesses scientifiques qui brillaient dans ses yeux*, se réjouit Stéphane Udry, professeur au Département d'astronomie (Faculté des sciences) et codirecteur de PlanetS. *Ses recherches vont aider à tirer un profit maximal de l'ensemble des activités de l'équipe exoplanètes*

SA FAMILLE L'EMMÈNE RÉGULIÈREMENT SUR UN PLATEAU PROCHE POUR ADMIRER LES CONSTELLATIONS ET TRAQUER LES ÉTOILES FILANTES

du Département et en particulier des observations que nous obtenons régulièrement ou allons effectuer dans les années à venir. »

L'équipe genevoise est en effet impliquée – c'est sa force – dans au moins une dizaine de projets de détection et de caractérisation de planètes extrasolaires, au sol comme dans l'espace (par exemple avec le satellite CHEOPS, le spectromètre ESPRESSO installé sur le VLT, etc.).

Émeline Bolmont

Professeure assistante
au Département
d'astronomie
(Faculté des sciences)

1986 : Naissance à Toul.

2010 : Master en
physique à l'École
normale supérieure de
Lyon.

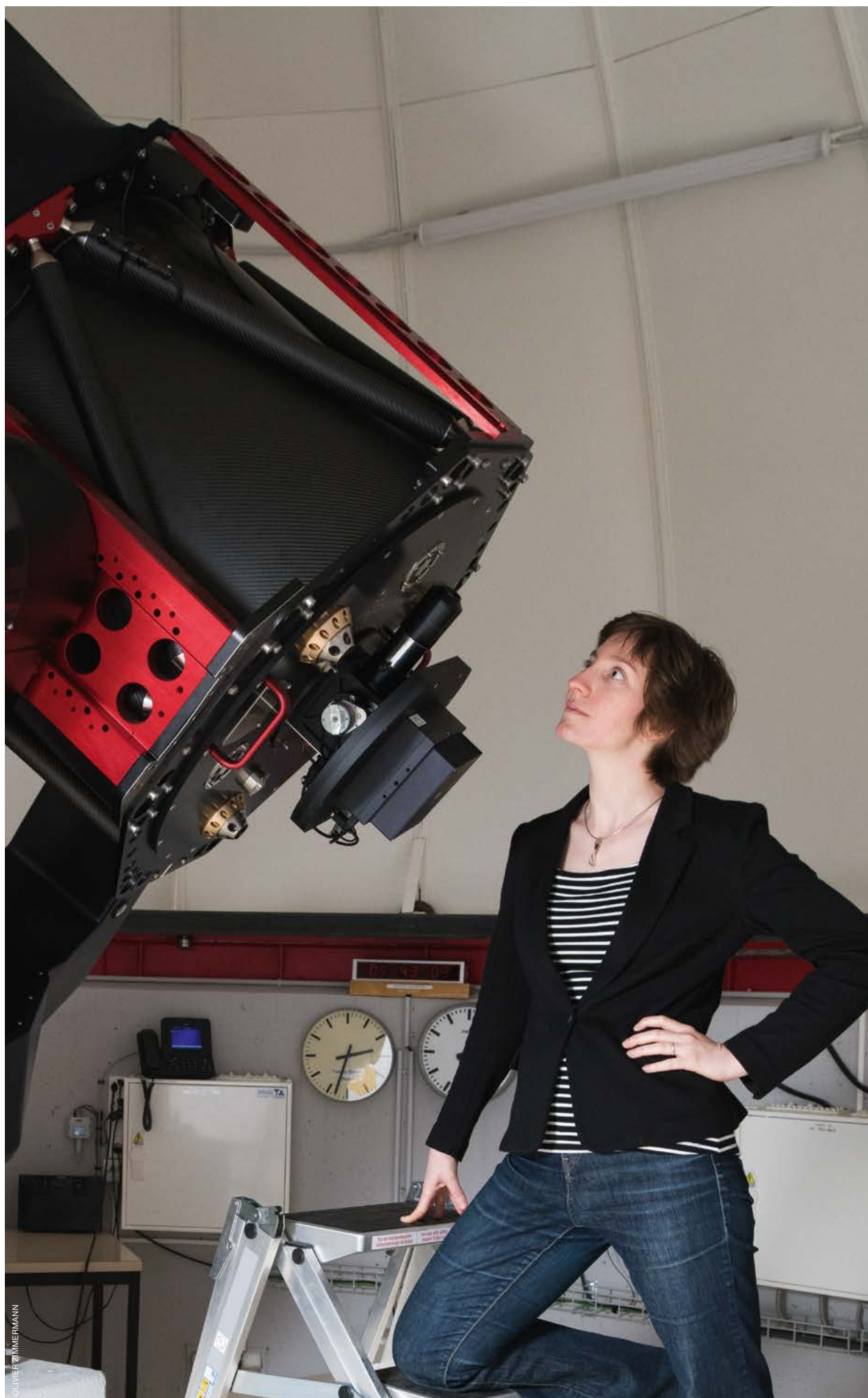
2013 : Thèse de
doctorat à l'Université
de Bordeaux sur
l'évolution et l'habitabilité
d'exoplanètes autour
d'étoiles de faible masse.

2014 : Participe à la
découverte de Kepler-
186f, la première planète
extrasolaire de la taille de
la Terre et située dans la
zone d'habitabilité.

2014 : Post-doc à Namur.

2016 : Post-doc au CEA
de Saclay près de Paris.

2018 : Professeure
assistante
au Département
d'astronomie.



Vue d'artiste de Kepler-186f, une exoplanète orbitant avec quatre autres compagnons autour d'une étoile naine, beaucoup plus petite, froide et rouge que le Soleil.

Kepler-186f se situe dans la zone habitable. Sa taille est similaire à celle de la Terre.



NASA

« Dans ce contexte, nous cherchons à développer le second volet, celui de la caractérisation de ces planètes, avec l'idée, bien sûr, de déterminer quelles sont les frontières de leur habitabilité, poursuit Stéphane Udry. C'est un domaine complexe qui fait appel à des expertises multiples alliant connaissance de la structure interne des planètes, modélisation d'effets de marée et simulations de climats. Autant de sujets dont Émeline Bolmont est spécialiste. »

Choix naturel Née à Toul, près de Nancy, dans le nord-est de la France, Émeline Bolmont a choisi sa voie dans l'astronomie de manière assez naturelle. La jeune femme apprécie en effet très tôt la rigueur des mathématiques et de la physique. Il faut dire qu'avec une mère prof de chimie au lycée et un père chargé de la formation des maîtres en physique, elle baigne depuis toute petite dans un environnement scientifique.

Le ciel noir et les étoiles l'attirent particulièrement. Sa famille l'emmène régulièrement sur un plateau proche de sa ville natale pour admirer les constellations à la jumelle et traquer les étoiles filantes. En grandissant, sa motivation se consolide au contact de son grand frère qui effectue des études en astrophysique alors qu'elle est au lycée. Il est aussi le premier à dissiper certaines illusions.

« L'idée d'étudier l'astrophysique comme mon frère me plaisait sans que je sache vraiment ce que cela signifiait, se rappelle Émeline Bolmont. Quand il m'a dit qu'il passait sa journée devant un ordinateur, j'ai subitement été moins emballée. J'ai même abandonné l'idée de suivre cette filière. La programmation m'a longtemps paru artificielle et sans intérêt. »

La physique continue cependant de lui plaire. Le bac en poche, elle décide d'entamer des études dans cette discipline à l'École normale supérieure de Lyon qu'elle intègre sur concours après trois ans de classes préparatoires. Les années passant, elle remarque que, malgré cette première déception, l'astrophysique n'a en fait jamais quitté son esprit. Et quand on lui demande de choisir un stage, c'est à cette discipline qu'elle accorde sa préférence. Accueillie au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) de Saclay, près de Paris, elle travaille sur un capteur destiné à être monté sur le télescope spatial infrarouge HERSCHEL de l'Agence spatiale européenne qui a fonctionné entre 2009 et 2013.

Réconciliation « J'ai adoré ce travail, affirme-t-elle. Il comportait certes une partie de programmation mais cela permettait d'apporter

une réponse à une question de physique intéressante. J'ai compris le potentiel de l'outil informatique et je me suis réconciliée avec lui. Par la suite, j'ai systématiquement choisi des sujets en astronomie. J'ai travaillé sur les propriétés optiques des grains de poussière dans les comètes ou encore sur l'évolution des planètes dans le disque protoplanétaire. »

Devenue normalienne, elle choisit d'effectuer son doctorat au Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux. Consacré à l'évolution dynamique et à l'habitabilité de systèmes planétaires autour d'étoiles de faible masse, son travail remporte en 2014 le Prix de la meilleure thèse de l'Université de Bordeaux.

La même année, qui est à marquer d'une pierre blanche, Émeline Bolmont contribue à la découverte, publiée dans la revue *Science* en 2014, de Kepler-186f, la première exoplanète de la taille de la Terre et située dans la zone d'habitabilité autour d'une étoile dite naine rouge (qui compte par ailleurs quatre autres compagnons). Dans la foulée, elle signe en tant que première auteure un papier dans *The Astrophysical Journal* proposant, sur la base de modèles théoriques, des scénarios pour la formation, l'évolution de l'effet de marée et l'habitabilité de ce nouveau système planétaire lointain. Elle commence aussi à apparaître dans les médias. Elle est notamment invitée par le

L'effet de marée

décrit la force de gravitation qu'exerce, par exemple, une étoile sur son compagnon. La partie de la planète qui fait face à l'astre et qui lui est donc la plus proche subit une force plus forte que le côté opposé qui est plus éloigné.

Ce différentiel provoque un étirement de la planète en direction de l'étoile et un aplatissement des pôles. Si la planète tourne autour d'elle-même, cette déformation se déplace aussi, avec un certain retard toutefois, et entraîne une dissipation d'énergie qui se traduit par un ralentissement de la rotation et un éloignement.

Dans certains cas, la situation se stabilise. La planète finit par montrer toujours la même face à l'étoile (comme dans le cas de la Lune avec la Terre) ou par entrer dans un mode de résonance avec son étoile (c'est le cas de Mercure dont la période de révolution dure exactement 1,5 fois sa période de rotation sur elle-même).

Grand Journal sur Canal+ (animé alors par Antoine de Caunes) pour commenter la découverte de Kepler-186f. Toujours en 2014, elle participe à La Rochelle à une conférence TED (faisant partie de la série de conférences très populaires axées sur la technologie, le divertissement et le design, organisées au niveau international par The Sapling Foundation) dédiée à la question de savoir si nous sommes seuls dans l'Univers.

À la même époque, elle décroche un post-doc à Namur, où elle passe deux ans avant d'être débauchée en 2016 pour un poste similaire au CEA de Saclay. Au cours de ces années, elle continue à travailler sur la dynamique des planètes, les processus de marée et l'habitabilité des exoplanètes.

ÉMELINE BOLMONT REMPORTE LA MISE ET, POUR LA SECONDE FOIS, SE FAIT DÉBAUCHER AVANT LA FIN DE SON MANDAT

Zones d'ombre «*Cet effet de marée (lire ci-dessus) joue un rôle important dans l'évolution des planètes et bien entendu sur le climat qui règne à leur surface*, précise Émeline Bolmont. *Mais il n'est pas facile à modéliser. Rien que pour le système Terre-Lune, qui est pourtant le mieux connu, il reste des zones d'ombre, en particulier si l'on essaie de reconstruire son histoire ancienne.*»

Une partie importante du travail de l'astrophysicienne consiste donc à améliorer les modèles dynamiques d'évolution de systèmes planétaires existants pour qu'ils puissent tenir compte de ces effets de marée de manière moins simplificatrice que ce n'était le cas jusqu'à présent. Ses efforts se portent aussi sur l'obliquité (l'angle de l'axe de rotation), les durées de rotation, de révolution, la distance avec l'étoile, et bien d'autres paramètres

de dynamique planétaire qui peuvent influencer le climat et donc l'habitabilité des planètes.

«*Pour modéliser le climat sur les exoplanètes, nous utilisons les mêmes modèles que ceux du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) pour notre Terre*, précise la chercheuse. *Mais ils sont grandement simplifiés. On enlève la végétation et souvent le relief. Mais on peut jouer sur la composition de l'atmosphère ou sa densité.*»

Statistiques étoffées Tout ce travail n'aurait pas d'intérêt s'il n'était sans cesse confronté aux observations astronomiques. L'avantage, aujourd'hui, c'est que le nombre de planètes extrasolaires découvertes se compte en milliers, qu'au moins une centaine d'entre elles évoluent dans la zone dite habitable de leur étoile (c'est-à-dire à une distance qui permettrait à l'eau de persister sous forme liquide), que l'on commence à mesurer la composition de certaines atmosphères, etc. En d'autres termes, les statistiques concernant les autres mondes s'étoffent de plus en plus et, dans ce domaine, le PRN PlanetS et l'Observatoire de l'Université de Genève jouent un rôle de premier plan. Un rôle qu'ils entendent renforcer en attirant des compétences susceptibles de compléter celles qu'ils réunissent déjà. C'est ainsi qu'en 2018, le PRN a ouvert un nouveau poste de professeur assistant. «*Grâce à une campagne de démarchage ciblée, nous avons réussi à obtenir une majorité de candidatures féminines*, note Stéphane Udry. *Elles représentaient même 60% dans la liste restreinte. Résultat: les deux finalistes étaient des femmes et il n'a pas été nécessaire de faire jouer la clause selon laquelle, à compétences égales, il faut privilégier la candidature du sexe sous-représenté.*»

Émeline Bolmont remporte la mise et, pour la seconde fois, se fait débaucher avant la fin de son mandat. Désormais à Genève, elle tentera de faire converger ses modèles d'évolution, de dynamique et de climat planétaire avec les observations que réaliseront ses collègues et apportera également son expertise sur la question que l'on se pose à chaque nouvelle découverte: cette exoplanète est-elle habitable?

Anton Vos

À LIRE

LA MÉMOIRE RETROUVÉE DU SEIGNEUR DE TURRETIN

Transmis de génération en génération depuis plus de trois siècles et demi, les trois volumes in-8° qui composent les *Mémoires* de Michel Turretini (1644-1720) constituent un témoignage aussi rare que précieux sur l'histoire de Genève durant la seconde partie du XVII^e siècle. Édité par Olivier Fatio, professeur honoraire de la Faculté de théologie et créateur du Musée international de la Réforme, ce document fourmille en effet de notations qui éclairent non



seulement la saga d'une des plus importantes familles du refuge italien, mais aussi la vie sociale, économique et politique de la cité réformée. Il y est également question de médecine, de théologie et d'enseignement, Michel Turretini décrochant en 1676 le poste de professeur de langues sémitiques à l'Académie avant d'en devenir le recteur entre 1686 et 1690. Né le 29 novembre 1644 dans le quartier de Saint-Gervais, Michel Turretini est issu d'une famille protestante toscane ayant fui les persécutions quelques décennies plus tôt. Alors que son grand-père compte parmi les plus grandes fortunes de la ville, il grandit dans un foyer quasiment ruiné à la suite des placements hasardeux qui conduisent son père à la banqueroute. Contraint de gagner très tôt sa vie, le jeune homme – qui est le 13^e né des 15 enfants de la fratrie – fait rapidement valoir ses aptitudes intellectuelles pour entrer à l'Académie tout en exerçant la fonction de pasteur au sein de l'Église italienne de Genève. Décrit par

Olivier Fatio comme un esprit curieux et

un tempérament travailleur, Michel Turretini est animé par une foi profonde qui le pousse à s'investir sans compter dans l'accueil des réfugiés huguenots se pressant en masse aux portes de la ville au lendemain de la révocation de l'Édit de Nantes. Farouchement conservateur, il s'oppose cependant systématiquement aux diverses tentatives destinées à moderniser le culte. Loyal et franc, il se mettra plusieurs fois à dos les autorités. En 1681, il est ainsi suspendu de ses fonctions pendant trois mois pour avoir attaqué avec trop de passion une représentation du *Cid* de Corneille donnée par les élèves du Collège. Huit ans plus tard, il est invité à comparaître devant le gouvernement après avoir critiqué avec une trop grande véhémence dans un de ses sermons l'autorisation d'effectuer des exercices militaires le dimanche matin.

VM

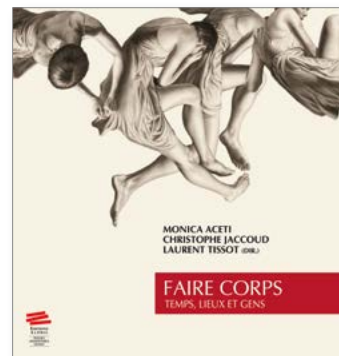
«*Mémoires du pasteur et professeur Michel Turretini, Seigneur de Turretin, 1644-1720*», par Olivier Fatio (éd.), Ed. Alphil, 776 p.

LE CORPS DANS TOUS SES ÉTATS

En opposition aux vertus prêtées à l'âme par la philosophie classique, le corps a longtemps été perçu comme une source d'égarement et de corruption. «Obsession du XXI^e siècle», pour reprendre l'expression de l'anthropologue français David le Breton, il est devenu depuis quelques décennies un objet d'étude incontournable pour les sciences humaines et sociales. Réunissant une quinzaine de contributions, cet ouvrage collectif codirigé par Monica Aceti, maître-assistante au sein de la Faculté des sciences de la société, propose une série d'éclairages sur les usages et les représentations liés au corps dans la Suisse du XVII^e siècle jusqu'à celle de nos jours. Partagé en quatre parties (fabriquer, entretenir, montrer et mobiliser les corps), il permet de dresser une série de correspondances inédites entre des sujets aussi divers que la pratique du sport (qu'il s'agisse d'alpinisme, de football ou de «pole dance»), l'éducation scolaire (en pensionnat comme dans les manuels d'éducation physique), la maladie et le vieillissement, le monde ouvrier, le chant, la peinture ou encore la littérature.

VM

«*Faire corps. Temps, lieux et gens*», par Monica Aceti, Christophe Jaccoud, Laurent Tissot (dir.), Éditions Alphil-Presses universitaires suisses, 280 p.

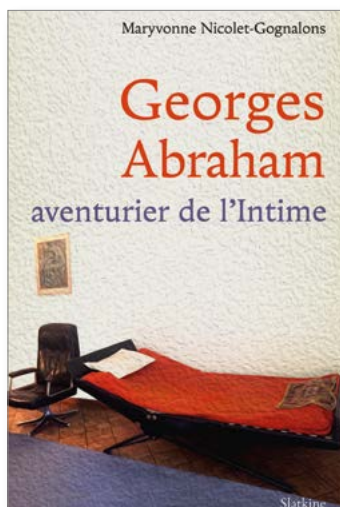


LE CHEMIN D'ABRAHAM

Première ville d'Europe à avoir mis sur pied un enseignement universitaire structuré en matière de sexologie, Genève tient une place de choix dans l'histoire contemporaine de cette discipline. Un statut qu'elle doit largement à deux hommes. Le premier, Willy Pasini, enseigne aujourd'hui à Milan et est l'auteur d'une

vingtaine d'ouvrages traduits en dix langues. Plus discret sur la scène médiatique, le second s'appelle Georges Abraham, il vient de fêter ses 92 ans, et c'est son parcours que reconstitue Maryvonne Nicolet-Gognalons dans la présente biographie. Remontant près d'un siècle en sens inverse, l'auteure y évoque d'abord les journées d'enfance dans l'Italie de Mussolini où le jeune garçon effectue sa scolarité sous le nom de sa mère pour dissimuler ses ascendances juives. Viennent ensuite les années de formation à l'hôpital psychiatrique de Malévoz, en Valais, et les premiers travaux sur la sexualité des malades mentaux. Puis, c'est l'arrivée à Genève, l'entrée à la Faculté de médecine – qu'il intègre en 1963 en tant que privat docent – et la rencontre décisive avec Pasini dans le cadre d'un partenariat qui a largement contribué à l'avènement de la sexologie comme discipline académique à part entière. Esprit toujours curieux, Georges Abraham explore depuis sa retraite académique les chemins du vieillissement et les conquêtes qu'une entrée sereine dans le grand âge suppose. Le tout en pratiquant régulièrement le tai-chi, le qi gong et le karaté, « *parce que le yoga, c'est trop lent* ».

VM



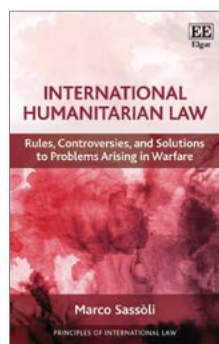
« **Georges Abraham, aventurier de l'Intime** », par Maryvonne Nicolet-Gognalons, Éd. Slatkine, 106 p.



LA CHAUDERON MALÉFIQUE

Accusée par ses voisins de « bailler le mal », Michée Chauderon est la dernière personne exécutée à Genève pour crime de « sorcellerie ». Cette deuxième édition revue et corrigée donne accès à la retranscription intégrale du procès qui a conduit à sa pendaison et à la combustion de son cadavre, le 6 avril 1652.

« **L'Ombre du Diable** », par Michel Porret, Éd. Georg, 295 p.



LE DROIT, L'HOMME ET LA GUERRE

Conseiller spécial de la procureure de la Cour pénale internationale et directeur de l'Académie de droit international humanitaire et de droits humains de Genève, le professeur Sassoli passe ici en revue les règles relatives au droit international humanitaire tout en examinant leur application dans la pratique.

« **Rules, Controversies, and Solutions to Problems Arising in Warfare** », par Marco Sassoli, Edward Elgar Publishing, 720 p.



FORMER À L'ÉCRIT

Basée sur l'analyse d'une trentaine de séquences pédagogiques, l'étude éditée par Joaquim Dolz (Section des sciences de l'éducation) et Roxane Gagnon (IUFÉ) détaille les moyens mis en œuvre par les enseignants du primaire et du secondaire pour former efficacement à l'art d'écrire.

« **Former à enseigner la production écrite** », par Joaquim Dolz et Roxane Gagnon (eds), Presses universitaires du Septentrion, 516 p.



ÉROS ET PATHOS

Fruit d'une thèse de doctorat réalisée à la Faculté des lettres, cet ouvrage dresse l'histoire du fétichisme à l'aide de documents issus de la médecine, du symbolisme, de la psychologie ou de la pornographie depuis la définition de cette « perversion » en 1897 par Alfred Binet à la fin de la Belle-Époque.

« **La Belle-Époque des amours fétichistes** », par Martina Díaz Cornide, Classiques Garnier, 417 p.

THÈSES DE DOCTORAT

DROIT

AHMEDI, ABDULAH

La retraite, un défi pour la sécurité sociale: analyse en droit international, européen et macédonien

Dir. Dupont, Anne-Sylvie

Th. UNIGE 2019, D. 958 | Web*: [113905](#)

KARAMEXAS, XENIA ELISA

L'engagement des investisseurs institutionnels: enjeux et perspectives de la prise de décisions collectives

Dir. Bahar, Rashid

Th. UNIGE 2018, D. 961 | Web*: [115793](#)

PODA, ENDRIT

Les effets en droit privé de l'obligation d'identifier l'ayant droit économique

Dir. Thévenoz, Luc

Th. UNIGE 2018, D. 960 | Web*: [115128](#)

PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ÉDUCATION

DARME, ANOUK

Enseigner la grammaire pour développer l'expression de la pensée? Éléments d'histoire de la grammaire scolaire en Suisse romande (1830-1990)

Dir. Schneuwly, Bernard

Th. UNIGE 2018, FPSE 703 | Web*: [111754](#)

DEMONET, PASCAL

L'évolution du rapport au décrochage scolaire de futur-e-s enseignant-e-s français-e-s de lettres, histoire et géographie de lycée professionnel au contact de leur formation initiale

Dir. Maulini, Olivier

Th. UNIGE 2018, FPSE 721 | Web*: [112517](#)

GUEDIN-COUDRAY, NOLWENN

Le rôle de la dextérité fine et de la gnose digitale dans le développement des compétences numériques

Dir. Thevenot, Catherine; Barrouillet, Pierre Noël; Fluss, Joel

Th. UNIGE 2018, FPSE 707 | Web*: [113585](#)

PYTHON, GRÉGOIRE

Dynamics of semantic facilitation and interference in language production in healthy and aphasic speakers: behavioral and ERP investigations

Dir. Laganaro, Marina

Th. UNIGE 2018, FPSE 721 | Web*: [110503](#)

ÉCONOMIE ET MANAGEMENT

HAMMOUD, ABBASS

Indoor occupancy sensing with ultrasound

Dir. Deriaz, Michel; Konstantas, Dimitri

Th. UNIGE 2018, GSEM 64 | Web*: [112355](#)

TSIOURTI, CHRISTIANA

Artificial agents as social companions: design guidelines for emotional interactions

Dir. Konstantas, Dimitri; Wac, Katarzyna

Th. UNIGE 2018, GSEM 59 | Web*: [110600](#)

MÉDECINE

BERGMANN, MARCEL

ÉVALUATION DE L'ALLERGIE ALIMENTAIRE CHEZ LES ENFANTS AVEC UNE DERMATITE ATOPIQUE

Cette thèse est une revue de la littérature ayant pour but d'établir le lien entre les allergies alimentaires (AA) et la dermatite atopique (DA). La DA est une maladie fréquente de la peau, caractérisée par des plaques inflammatoires prurigineuses sur une peau sèche. Une AA est retrouvée chez un tiers des enfants avec une DA. Le lait de vache, l'œuf, le blé, le soja, les noix, l'arachide et le poisson sont responsables de plus de 90 % des allergies alimentaires liées à la DA. L'incidence des divers aliments varie cependant avec l'âge. Le diagnostic d'une AA repose sur l'anamnèse ainsi que sur la recherche d'immunoglobulines (Ig) E spécifiques, il est suivi d'un régime d'éviction de l'aliment incriminé et d'un test de provocation standardisé. Un régime d'éviction est d'habitude recommandé amenant à une amélioration de la DA. Le suivi clinique, les variations du taux des IgE spécifiques et éventuellement un test de provocation sont ensuite utilisés afin de déterminer le développement d'une tolérance.

Dir. EIGENMANN, PHILIPPE

Th. UNIGE 2018, Méd. 10912 | Web*: [112210](#)

LETTRES

CONTINI, JEAN-CHRISTOPHE

Pound en Suisse romande: circonstances, enjeux et significations d'une aventure éditoriale (la revue *Présence*)

Dir. Rueff, Martin

Th. UNIGE 2019, L. 937 | Web*: [114116](#)

GONSETH, MORGANE

Better woman, better life: the "workplace novel" in contemporary China

Dir. Zufferey, Nicolas

Th. UNIGE 2018, L. 936 | Web*: [113359](#)

LOHINIVA, KAROLIINA

The syntax and semantics of additivity in Finnish

Dir. Moeschler, Jacques

Th. UNIGE 2018, L. 925 | Web*: [115531](#)

MORANDI, INÈS BÉATRICE

«El mágico Andronio» y «La mágica de Ceilán», edición y estudio de dos comedias de magia del siglo XVIII

Dir. Madronal, Abraham

Th. UNIGE 2019, L. 938 | Web*: [115330](#)

MÉDECINE

CALZADA RIBALTA, GERARD

Validation de la version courte en français de l'échelle de comportement impulsif UPPS-P chez les patients souffrant d'un trouble lié à l'utilisation de substances

Dir. Zullino, Daniele Fabio

Th. UNIGE 2018, Méd. 10910 | Web*: [111886](#)

CHATELAIN, SIBYLLE

Ostéomyélites maxillo-mandibulaires à *Streptococcus anginosus* suivant la pose d'implants dentaires

Dir. Scolozzi, Paolo

Th. UNIGE 2018, Méd. dent. 756 | Web*: [112866](#)

DE VALENCE DE MINARDIÈRE, TIMOTHÉE

L'influence du sufentanil sur la profondeur de l'anesthésie mesurée par l'Index Bispectral chez le patient âgé – une étude randomisée, placebo – contrôlée et en double aveugle

Dir. Tramer, Martin

Th. UNIGE 2018, Méd. 10908 | Web*: [111890](#)

FEHLMANN, CHRISTOPHE

Transmission précoce de patients entre médecins en médecine interne générale: quels effets sur la qualité et le coût des soins?

Dir. Louis Simonet, Martine; Stirnemann, Jérôme

Th. UNIGE 2018, Méd. 10900 | Web*: [110768](#)

JAMEI, OMID ABDOLSALAM

Infections orthopédiques aux bacilles à Gram-négatif non fermentaires

Dir. Hannouche, Didier

Th. UNIGE 2018, Méd. 10913 | Web*: [112572](#)

KLINGLER, SAMUEL

Évaluation des complications après extraction dentaire sans prophylaxie antibiotique: hôpital de district de Mfou, Cameroun

Dir. Baehni, Pierre

Th. UNIGE 2018, Méd. dent. 754 | Web*: [111446](#)

LIRONI, CÉLINE

Ténosynovite infectieuse chez l'enfant

Dir. Ceroni, Dimitri

Th. UNIGE 2018, Méd. 10909 | Web*: [111883](#)

PERRIN, ANNE

Expérience d'un médecin interne dans l'encadrement bénévole d'enfants requérants d'asile: bénéfices réciproques

Dir. Belli, Dominique Charles

Th. UNIGE 2018, Méd. 10905 | Web*: [112286](#)

SOLOGASHVILI, TORNIKE

Cardioprotection en chirurgie cardiaque: du concept aux applications cliniques

Dir. Licker, Marc

Th. UNIGE 2018, Méd. 10894 | Web*: [110925](#)

VAYNE-BOSSERT, PETRA

La sédation palliative

Dir. Gold, Gabriel

Th. UNIGE 2018, Méd. 10875 | Web*: [111431](#)

NEUROSCIENCES

BOLMONT, MYLÈNE

Explorations des patterns visuels du désir sexuel et de l'amour romantique

Dir. Bianchi-Demicheli, Francesco; Pegna, Alan
Th. UNIGE 2019, Neur. 245 | Web*: [115552](#)

TOMASELLO, UGO

The evolutionary role of miR-137 in the neurogenesis of associative cortical layers

Dir. Dayer, Alexandre; Borrell, Victor
Th. UNIGE 2018, Neur. 238 | Web*: [111397](#)

SCIENCES

ALPIZAR RODRIGUEZ, DESHIRE

Reproductive factors as predictors of disease development and disease progression in rheumatoid arthritis patients

Dir. Finckh, Axel
Th. UNIGE 2018, Sc. Méd. 30 | Web*: [111510](#)

AMBUEHL, CHIARA

Identification and analysis of the putative AMP-activated protein kinase (AMPK) in blood stream form of Trypanosoma brucei

Dir. Scapozza, Leonardo; Perozzo, Remo
Th. UNIGE 2018, Sc. 5239 | Web*: [110627](#)

AZZOLLINI, ANTONIO

Development of innovative strategies for the study of fungal co-cultures and the discovery of novel antimicrobial compounds

Dir. Wolfender, Jean-Luc
Th. UNIGE 2018, Sc. 5251 | Web*: [112570](#)

BOSMANI, CRISTINA

Role of the D. discoideum flotillin homologues in phagocytosis and Mycobacterial infections

Dir. Soldati, Thierry
Th. UNIGE 2018, Sc. 5287 | Web*: [112873](#)

BRIGHI, MATTEO

Metal hydroborates as solid electrolyte for Li- and Na-ion batteries

Dir. Cerny, Radovan
Th. UNIGE 2018, Sc. 5257 | Web*: [112468](#)

CERSULLO, MARIA FEDERICA

New concept of spectral calibration for high resolution astronomical spectrographs

Dir. Pepe, Francesco Alfonso; Chazelas, Bruno
Th. UNIGE 2018, Sc. 5313 | Web*: [114982](#)

CONOD, URIEL GWENDAL

Adaptive optics for high resolution spectroscopy

Dir. Pepe, Francesco Alfonso; Wildi, François
Th. UNIGE 2018, Sc. 5300 | Web*: [114514](#)

DIDELOT, ÉMILIE YVONNE JEANNE

Applications énergétiques des hydroborates

Dir. Cerny, Radovan
Th. UNIGE 2018, Sc. 5288 | Web*: [114613](#)

DIDIER BULLA, MONICA

Biophysical properties of the ORAI1 channel in the context of tubular aggregate myopathy

Dir. Demaurex, Nicolas
Th. UNIGE 2018, Sc. Méd. 29 | Web*: [113863](#)

DRIELSMA, FRANÇOIS

Measurement of the increase in phase space density of a muon beam through ionization cooling

Dir. Blondel, Alain
Th. UNIGE 2018, Sc. 5249 | Web*: [114100](#)

DUDKA, DAMIAN

The novel roles of centrosomes and kinetochore microtubules in the mitotic spindle function

Dir. Meraldi, Patrick
Th. UNIGE 2019, Sc. Vie 9 | Web*: [116319](#)

EROGLU YUCE, EZGI

Forward genetic dissection of bacterial polarisome in Caulobacter crescentus

Dir. Viollier, Patrick; Stutz, Françoise
Th. UNIGE 2018, Sc. 5265 | Web*: [114512](#)

ESPITIA JAIMES, CINDY

Regulation of the human fibrinogen gene cluster through chromatin interactions

Dir. Neerman Arbez, Marguerite; Karch, François
Th. UNIGE 2018, Sc. 5261 | Web*: [110926](#)

FERDOWSI, SOHRAB

Learning to compress and search visual data in large-scale systems

Dir. Voloshynovskyy, Svyatoslav
Th. UNIGE 2018, Sc. 5295 | Web*: [114990](#)

FOFONJKA, ANAMARIJA

Mathematical modelling and numerical simulations of growth-induced pattern formation in morphogenesis

Dir. Milinkovitch, Michel C.
Th. UNIGE 2019, Sc. 5305 | Web*: [114754](#)

GREGOROVA, MAGDA

Sparse learning for variable selection with structures and nonlinearities

Dir. Marchand-Maillet, Stéphane; Kalousis, Alexandros
Th. UNIGE 2018, Sc. 5318 | Web*: [115678](#)

GUILLEMIN, JULIEN

Catalyst-controlled diastereoselective isomerization of optically active primary allylic alcohols

Dir. Mazet, Clément
Th. UNIGE 2018, Sc. 5276 | Web*: [112279](#)

HARTH, ERIC

Program understanding, the narrative hypothesis

Dir. Dugerdil, Philippe
Th. UNIGE 2019, Sc. 5306 | Web*: [114918](#)

HOHMANN, ULRICH

Mechanistic insight into the activation and negative regulation of plant leucine-rich repeat receptor kinases

Dir. Hothorn, Michael
Th. UNIGE 2018, Sc. 5231 | Web*: [112474](#)

HOMBERG, ALEXANDRE

Synthesis and applications of chiral polyether macrocycles

Dir. Lacour, Jérôme
Th. UNIGE 2018, Sc. 5268 | Web*: [110497](#)

HUMBERT, MARION

Modulation of peripheral T cell responses by unconventional antigen-presenting cells: role of plasmacytoid dendritic cells in anti-tumor immunity and lymphatic endothelial cells in autoimmunity

Dir. Hugues, Stéphanie; Martinou, Jean-Claude
Th. UNIGE 2019, Sc. 5308 | Web*: [115554](#)

HUNGER, GABRIEL

Genesis and evolution of a foreland fluvial-fan and aeolian succession: a high-resolution multiproxy study of the Miocene Cacheuta basin infill, Mendoza (Argentina)

Dir. Moscariello, Andrea; Ventra, Dario
Th. UNIGE 2018, Sc. 5250 | Web*: [113186](#)

RICCO, SARA

Angle-resolved photoemission studies of the metal-insulator transition in lightly rare earth doped Ca₂RuO₄

Dir. Baumberger, Félix
Th. UNIGE 2018, Sc. 5270 | Web*: [113119](#)

ROMANO, CIRO

Transition metal-catalyzed olefin isomerization for remote functionalization strategies

Dir. Mazet, Clément
Th. UNIGE 2018, Sc. 5293 | Web*: [113792](#)

ROSSI, EDUARDO

A new perspective on volcanic particle sedimentation and aggregation

Dir. Bonadonna, Costanza
Th. UNIGE 2018, Sc. 5260 | Web*: [110490](#)

SUAREZ ZAMORANO, NICOLAS

The gut microbiota modulates the white adipose tissue functional remodeling

Dir. Trajkovski, Mirko
Th. UNIGE 2018, Sc. 5272 | Web*: [113385](#)

SUNIL KUMAR

Diversity in protein post-translational modifications and their critical impacts on the lytic cycle of Toxoplasma gondii

Dir. Soldati-Favre, Dominique; Pillai, Ramesh
Th. UNIGE 2018, Sc. 5199 | Web*: [113906](#)

VITILLO, STEFANIA

Tracker charge identification and measurement of the proton flux in cosmic rays with the DAMPE experiment

Dir. Wu, Xin
Th. UNIGE 2018, Sc. 5290 | Web*: [113361](#)

YUAN, DAJING

Solid contact ion selective electrodes: from potentiometric application to voltammetric investigation

Dir. Bakker, Eric
Th. UNIGE 2018, Sc. 5278 | Web*: [111409](#)

SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ

FELDER, MAXIME

Building familiarity: coexistence in an urban context

Dir. Cattacin, Sandro; Monsutti, Alessandro
Th. UNIGE 2018, SdS 104 | Web*: [112208](#)

FOURNIER-TOMBS, ELÉONORE

DelibAnalysis: understanding online deliberation through automated discourse quality analysis and topic modeling

Dir. Di Marzo Serugendo, Giovanna
Th. UNIGE 2018, SdS 94 | Web*: [112458](#)

LUTZ, ANDREA

Le corps (in)discipliné: ethnographie du traitement médical de l'obésité de l'enfant en Suisse romande

Dir. Stoecklin, Daniel Pascal; Burton-Jeangros, Claudine
Th. UNIGE 2018, SdS 103 | Web*: [111075](#)

MILIVINTI, ALICE

Modeling future migration trends and their impact on the Swiss pension system

Dir. Wanner, Philippe; Mueller, Tobias
Th. UNIGE 2018, SdS 101 | Web*: [111744](#)

NICOLET, MARTHE

Quand l'entourage annonce la mort d'un proche: les avis de décès comme révélateurs de nos représentations de la mort dans la vieillesse

Dir. Oris, Michel
Th. UNIGE 2018, SdS 100 | Web*: [110931](#)

TSUCHIYA, KENJI JIMMY

Les évolutions des entreprises de presse traditionnelle face au numérique: études de trajectoires britanniques, françaises et suisses autour de l'exploitation de la donnée

Dir. Badillo, Patrick-Yves
Th. UNIGE 2018, SdS 98 | Web*: [113851](#)

Does my opinion matter?

Of course, let's hear it.
Ideas are the most precious ingredients of success.

At KPMG, we foster a culture in which a clear mindset and strong opinions are not only encouraged, but also expected. An environment that nourishes your ideas and helps them to become reality. A place where thoughts are discussed, no matter what your job title – because we believe that when it comes to ideas, quality beats hierarchy.

At KPMG, we all grow by answering bold questions. Let's shape our tomorrow together.

Are you ready for the next big idea?

Start answering.
kpmg.ch/careers

