La santé dans tous ses états 10

Une lumière dans le cerveau 30

Le graphène, matériau du futur 32

Jeux de miroirs instructifs 40

Nouvelle maquette et dialectique

Cette édition du magazine suisse de la recherche scientifique *Horizons* s'habille d'un nouveau graphisme. Si rédacteurs et graphistes se bornaient à considérer contenu et forme comme deux éléments opposés, nous pourrions simplement affirmer que le premier demeure le même, avec des articles qui restent de haute qualité, mais qu'il est désormais simplement plus joliment emballé. Les textes sont imprimés de manière plus compacte, ce qui facilite leur lecture et donne en même temps davantage de valeur aux illustrations. Le langage visuel est également plus percutant : l'iconographie, à laquelle travaillent dorénavant des étudiants aux beaux-arts, ne se contente pas de documenter ou d'illustrer, elle est censée expliciter la matière présentée. La mise en page est par ailleurs plus rythmée.

Mais ce n'est pas tout. A l'image du philosophe allemand Theodor W. Adorno, nous pensons que forme et contenu entretiennent un rapport dialectique. Selon lui, la première conditionne en effet le second. Un constat qui a aussi une signification pour nous. En lançant cette nouvelle maquette, nous caressons une utopie. Nous espérons que le contenu sera encore meilleur grâce à cette nouvelle forme, et que chaque texte gagnera en clarté lorsqu'il s'agira de présenter les résultats de recherches complexes. Nous nourrissons également l'espoir que les articles pourront mettre en évidence la composante artistique que renferme dans l'idéal chaque travail scientifique. Et nous espérons surtout que les lecteurs partageront nos réflexions enthousiastes : « The proof of the pudding is in the eating » ou « C'est en goûtant que l'on sait si c'est bon » dit le proverbe qui figure dans une ancienne traduction anglaise de « Don Quichotte », le fameux roman mettant en scène un intrépide combattant de l'impossible.

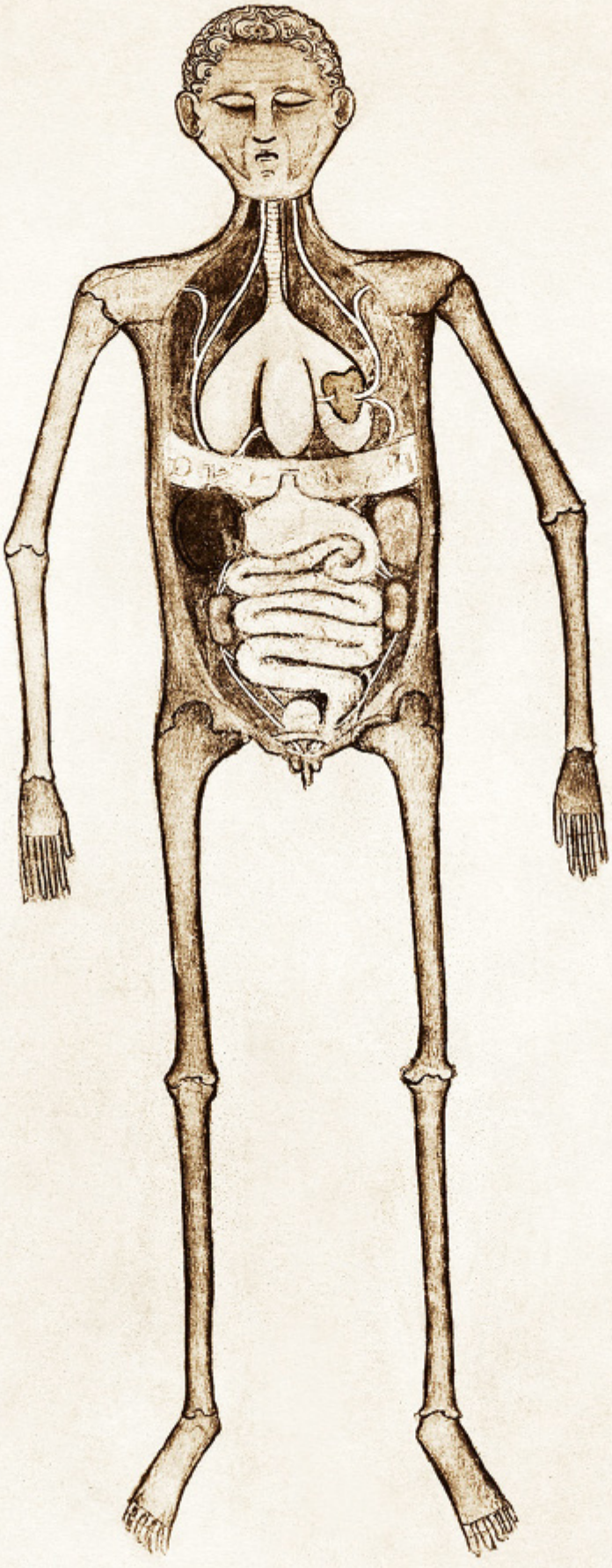
Urs Hafner
Responsable de la rédaction

FNSNF
Fonds national suisse
de la recherche scientifique

Académies
suisses des sciences

Horizons – Le magazine suisse de la recherche scientifique nº 96, mars 2013

horizons



Sommaire

Medical Images, Universal Images Group/Keystone/Science Photo Library

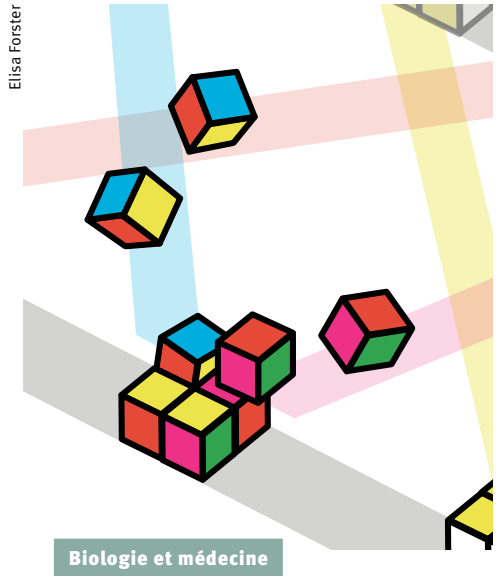
Point fort santé

10 La santé dans tous ses états

Nous sommes de mieux en mieux soignés, mais le système de santé n'en suscite pas moins des interrogations. Les coûts ne cessent de croître, le nombre des diagnostics aussi. Et à force de vouloir être en forme, il arrive parfois que l'on se rende malade.

◂ **Le médecin et savant Guido da Vigevano a été l'un des premiers à jeter un coup d'œil à l'intérieur du corps humain (« Anatomia », 1345).**
Image : Sheila Terry/Keystone/Science Photo Library

28



Elisa Forster

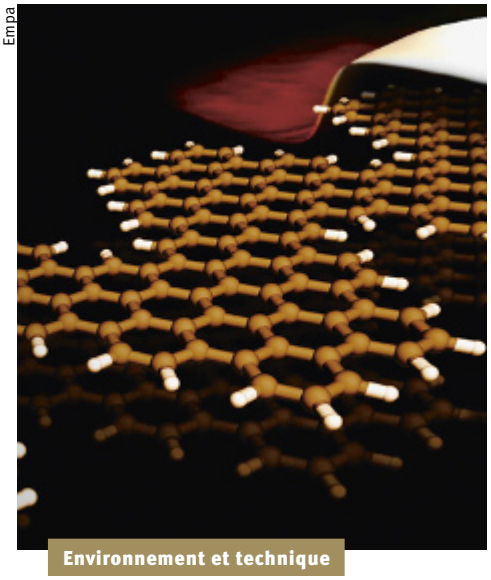
Biologie et médecine

28 **Du collier de perles au chaudron de sorcière**
Les gènes ne forment qu'une infime partie de notre génome. Le reste était considéré jusqu'ici comme du déchet. A tort.

30 **Illuminer le labyrinthe du cerveau**
L'optogénétique, technique d'anatomie fonctionnelle novatrice, permet d'influencer directement les capacités cérébrales.

31 **Des bactéries gardes du corps**
Virus champions de la dissimulation
Combat contre les vers

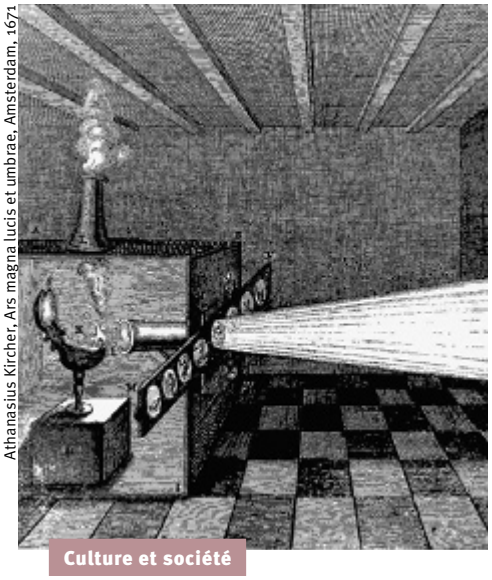
32



Empa

Environnement et technique

40



Athanasius Kircher, Ars magna lucis et umbrae, Amsterdam, 1671

Culture et société

32
Le graphène, un matériau du futur
Ce cristal suscite déjà de grandes attentes, et ses propriétés ouvrent la porte à d'innombrables applications.

34
Un laser qui a du flair
Un nouveau détecteur de pollution devrait permettre de déterminer l'origine du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

36
La mine d'or des déchets
La Suisse a des matières premières, dans son sol mais aussi dans ses décharges. Celles-ci pourraient être très rentables.

38
Lire les photos comme des cartes
Une nouveau logiciel permet de coupler les photos à des données cartographiques. Un plus pour la recherche géographique.

39
Les nombreuses vies des cristaux de neige
L'énigme des Torres del Paine décodée
Diagnostic plus rapide du cancer du sein

40
Machines merveilleuses et édifiantes
Au début des temps modernes, les jeux de miroirs et les effets d'optique étaient au centre du savoir scientifique et religieux.

42
L'incertitude n'est pas une faiblesse
La communication scientifique devrait garantir au public un meilleur accès aux processus de la connaissance.

44
Les machinistes de la traduction
Coca, puma, pampa : même le français a emprunté au quechua. Comment sauver cette langue sud-américaine ?

45
Commercialiser l'héritage culturel indigène
Genre et nation
Trouver un langage commun

En image
6
Des êtres d'un autre monde ?

Débat
8
Le « Human Enhancement » est sujet à controverse. Car à force d'améliorations ne risquons-nous pas de nous perdre ?

Cartoon
22
Ruedi Widmer

Questions-réponses
23
Virginia Richter, les sciences humaines sont-elles trop sur la défensive ?

Portrait
24
Helen Keller, juriste et juge à la Cour de Strasbourg

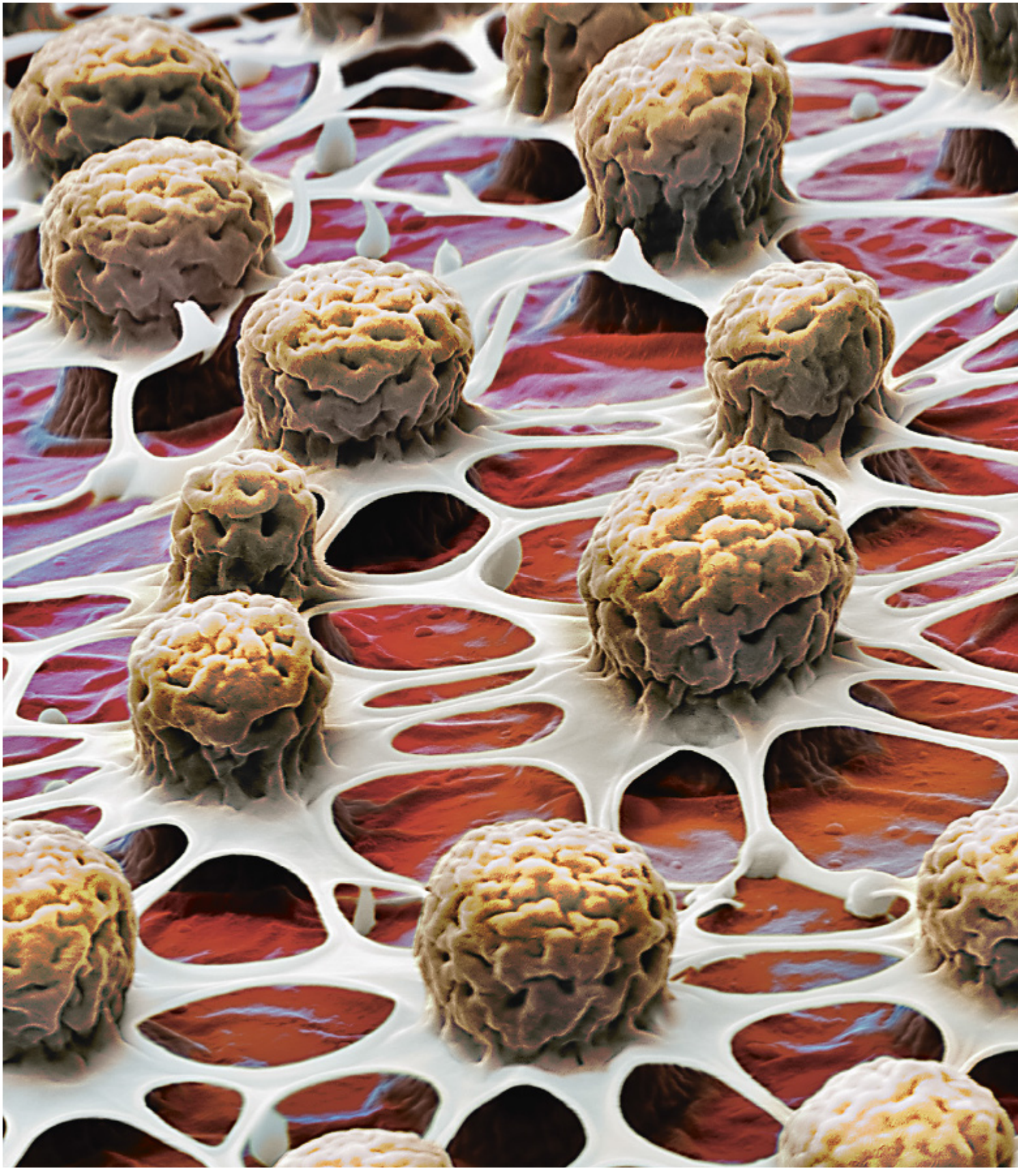
Lieu de recherche
26
Combat pour préserver l'écosystème des Seychelles

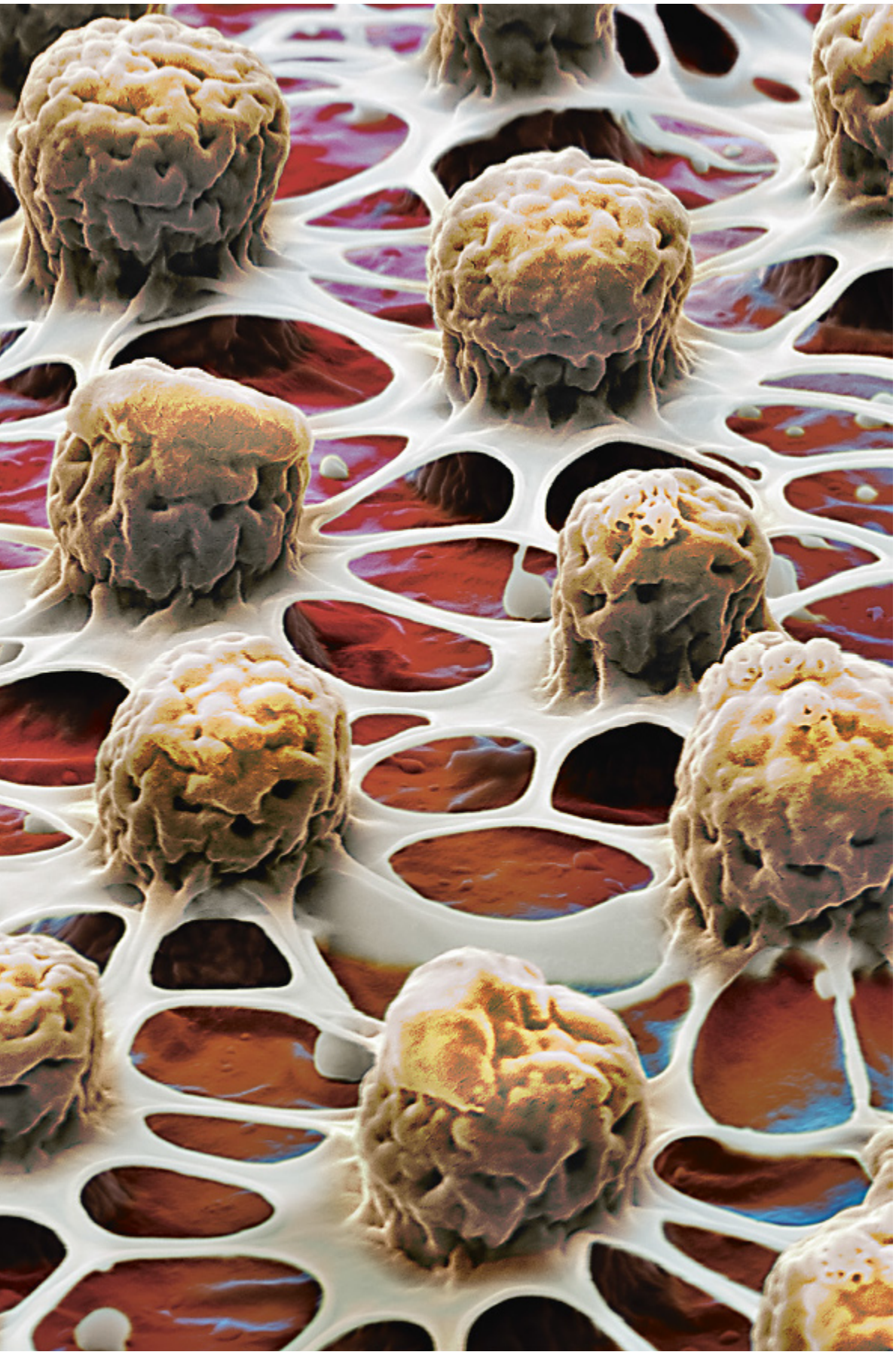
Entretien
46
Martin Vetterli et Dieter Imboden: le nouveau et l'ancien président du Conseil national de la recherche

Comment ça marche ?
49
Plus vite que le vent

Coup de cœur
50
Les dimensions de l'irritation: « Flatland » par Edwin Abbott Abbott

En direct du FNS et des Académies
51
Thierry Courvoisier est le nouveau président des Académies suisses des sciences.





Des êtres d'un autre monde ?

Il ne s'agit pas d'étranges créatures gluantes venues d'autres planètes. La photo n'a pas été prise par un astronaute du futur qui nous envoie ses clichés depuis l'espace, mais par Martin Oeggerli, qui se nomme lui-même « micronaute ». En lieu et place d'un vaisseau spatial, ce biologiste et photographe scientifique utilise un microscope électronique à balayage afin de plonger dans le monde mystérieux du «microcosmos».

Nous voyons ici un échantillon de la surface d'un œuf de moustique. Les protubérances qui ressemblent à des structures de corail ou à des circonvolutions cérébrales, ainsi que les fils blancs sur fond rouge qui les lient constituent la couche la plus externe des quatre strates protectrices qui enveloppent la future larve. Les moustiques déposent jusqu'à 500 œufs serrés les uns contre les autres sur la surface de l'eau. Un œuf de moustique a la forme d'un minuscule grain de riz qui se tient sur l'une de ses extrémités pointues. Celle-ci s'ouvre après environ deux jours pour permettre à la larve de s'échapper dans l'eau.

Si l'œuf peut tenir en place, c'est grâce à ses protubérances qui, à la manière des tenons des pièces de Lego, lui permettent de s'arrimer aux œufs voisins et de former ainsi des radeaux stables. ori

Photo : Martin Oeggerli, soutenu par la HES du Nord-Ouest de la Suisse (FHNW).

Valérie Chételat, Georg Pöhlein (photomontage)

En ce début de XXIe siècle, l'amélioration constante est le maître-mot. Au niveau de l'individu, certaines interventions – médicamenteuses, génétiques, voire alliant l'humain et la machine – promettent des améliorations spectaculaires en termes de performance. Mais le « human enhancement » est sujet à controverse. Car à force d'améliorations ne risquons-nous pas de nous perdre ?

Préserver les traits ayant une valeur particulière

Par Alexandre Erler

Les technologies d'amélioration humaine menacent-elles la personne que nous sommes vraiment, notre « moi » véritable ? Cela dépend du sens exact que l'on donne à cette idée du moi. Si, comme le font certains, on comprend celui-ci tel une essence que l'individu ne saurait modifier sans mettre fin à sa propre existence, la crainte de nous perdre nous-mêmes semble inappropriée par rapport à la grande majorité des technologies amélioratrices. Prenons l'exemple de la chirurgie esthétique : on ne suppose ordinairement pas qu'une telle opération détruise tout simplement le patient, le remplaçant par une copie esthétiquement améliorée ! Cela dit, il paraît plus plausible de comprendre cette notion d'un moi non pas à la manière d'une essence, mais plutôt comme désignant la personnalité, les caractéristiques physiques et les autres traits stables (sans pour autant être immuables) qu'une personne possède initialement, avant sa transformation, et qui ont un impact significatif sur son parcours de vie.

La modification délibérée de ce moi par la technologie n'apparaît pas nécessairement critiquable : si cela s'avérait envisageable, quel mal y aurait-il, notamment pour un mélomane, à développer, par la pharmacologie, une mémoire musicale aussi prodigieuse que celle de Mozart ? Toutefois, d'autres utilisations possibles des technologies d'amélioration se révèlent plus problématiques. Imaginons un individu recourant à la chirurgie esthétique pour effacer son apparence ethnique originale en vertu de préjugés raciaux de sa société ; ou un homosexuel ingérant une pilule pour « guérir » son homosexualité. Nombre d'entre nous jugeront que ces personnes ne devraient pas transformer leur identité de pareilles façons. Au contraire, elles feraient mieux de s'accepter telles qu'elles sont et de rester « authentiques », défiant les pressions sociales.

Stefan Sorgner objecte qu'il paraît arbitraire de désigner les traits que la personne modifie par la technologie plutôt que, par exemple, son désir de se changer de la sorte, comme représentant son moi véritable. Cette objection me semble toutefois postuler une fausse dichotomie : pourquoi les caractéristiques en conflit ne pourraient-elles pas toutes faire partie du vrai moi de la personne ? Certes, cela implique que même si, sous un certain aspect, les individus mentionnés plus haut changent leur moi véritable, d'un autre côté, leur transformation exprime qui ils sont vraiment. Cela suffit-il néanmoins à réfuter l'idée selon laquelle ils ont de bonnes raisons de préserver leurs caractéristiques authentiques ou originales ? Il me paraît que non.

Pourquoi serait-il problématique de modifier certaines caractéristiques authentiques en ce sens, et d'autres non, par la technologie ? Je me bornerai ici à suggérer que celles que nous avons des raisons de préserver possèdent une valeur particulière. Il s'avère raisonnable de penser que l'identité ethnique (par exemple, africaine) d'une personne soit une donnée de ce type ; il semble moins plausible d'affirmer cela à propos d'une mémoire musicale déficiente. Ces questions méritent une attention accrue dans le débat contemporain sur l'éthique des technologies d'amélioration.

Alexandre Erler rédige une thèse en philosophie à l'Université d'Oxford.

Les contours fluides du moi

Par Stefan Lorenz Sorgner

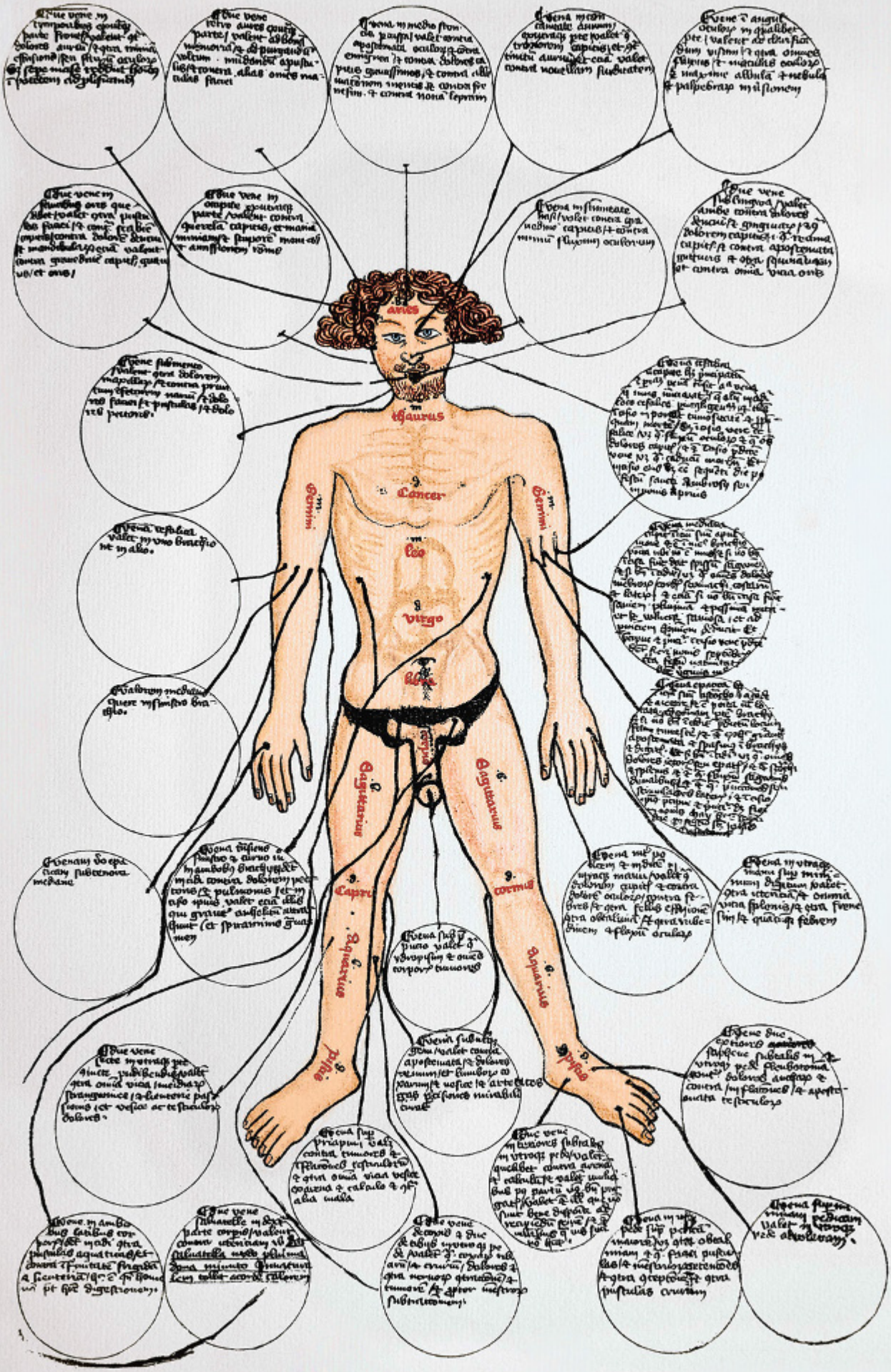
La notion de « human enhancement » couvre différentes technologies visant à améliorer l'être humain. Si l'intervention se fait au niveau du patrimoine génétique d'un enfant, une telle décision appartient aux parents. Dans le cas de l'« enhancement » autonome, en revanche, c'est un adulte qui décide de modifier son propre corps. Du point de vue d'Alexandre Erler, de telles décisions sont susceptibles de mettre en danger le « moi véritable » d'un être humain. Pour ma part, j'estime que son jugement n'est pas plausible. Je partage son opinion selon laquelle le moi véritable n'est pas une « essence » – c'est ce que pensent, par exemple, les éthiciens catholiques. Ces derniers estiment que le moi véritable est immatériel et fait d'une substance distincte du monde réel. Dans cette logique, les technologies d'« enhancement » ne seraient pas de nature à modifier directement le moi. Pourtant, les éthiciens catholiques les critiquent et les rejettent.

Comme Alexandre Erler, je pars de l'idée que les caractéristiques du moi véritable sont susceptibles d'être changées par certaines technologies d'« enhancement ». Mais de mon point de vue, cela ne signifie aucunement que de telles interventions, décidées de manière autonome, représentent un danger pour ce moi véritable. Si l'on présuppose qu'un individu – et donc son moi – sont soumis à un changement perpétuel, la notion de « moi véritable » devient problématique, pour ne pas dire contradictoire. Un moi qui n'est pas composé d'une « essence » n'a pas de propriétés immuables. Si l'on identifie le concept de vérité avec celui d'immuabilité, alors « le moi véritable » pourrait être traduit par « les qualités immuables d'une identité en mutation ».

Manifestement, Alexandre Erler entend quelque chose d'autre par « véritable ». Identifie-t-il le moi véritable avec les caractéristiques consolidées d'un être humain ? Même une telle position ne sauve pas son appréciation. Après tout, il arrive que tel ou tel agrégat de qualités domine suivant les différents moments. La technologie est susceptible de modifier ce qui l'emportait dans le passé au profit d'un autre agrégat de qualités, devenu entre-temps prépondérant. Je ne vois donc pas pourquoi un agrégat particulier de qualités serait le seul moi véritable. Cela ne signifie pas que la décision d'utiliser une technologie d'« enhancement » est forcément non problématique au niveau moral. Mais le fait de se référer à un moi véritable ne nous aide guère. Une autre question me semble plus intéressante : dans quelles conditions la décision d'un adulte est-elle moralement problématique lorsqu'elle affecte son propre corps ?

Tant qu'il n'existe aucune contrainte extérieure inadéquate, politique ou autre, et que l'égalité est respectée, je ne vois rien de moralement contestable dans de tels choix. Ce principe vaut d'ailleurs aussi bien pour des technologies d'« enhancement », comme la gaîté induite par des médicaments, que pour d'autres décisions telle la prostitution volontaire.

Lorenz Sorgner est chargé de cours d'éthique médicale à l'Université d'Erlangen-Nuremberg.


aries
Taurus
Cancer
Gemini
Leo
Virgo
Libra
Scorpius
Sagittarius
Capricornus
Aquarius
Pisces

Des corps qui parlent

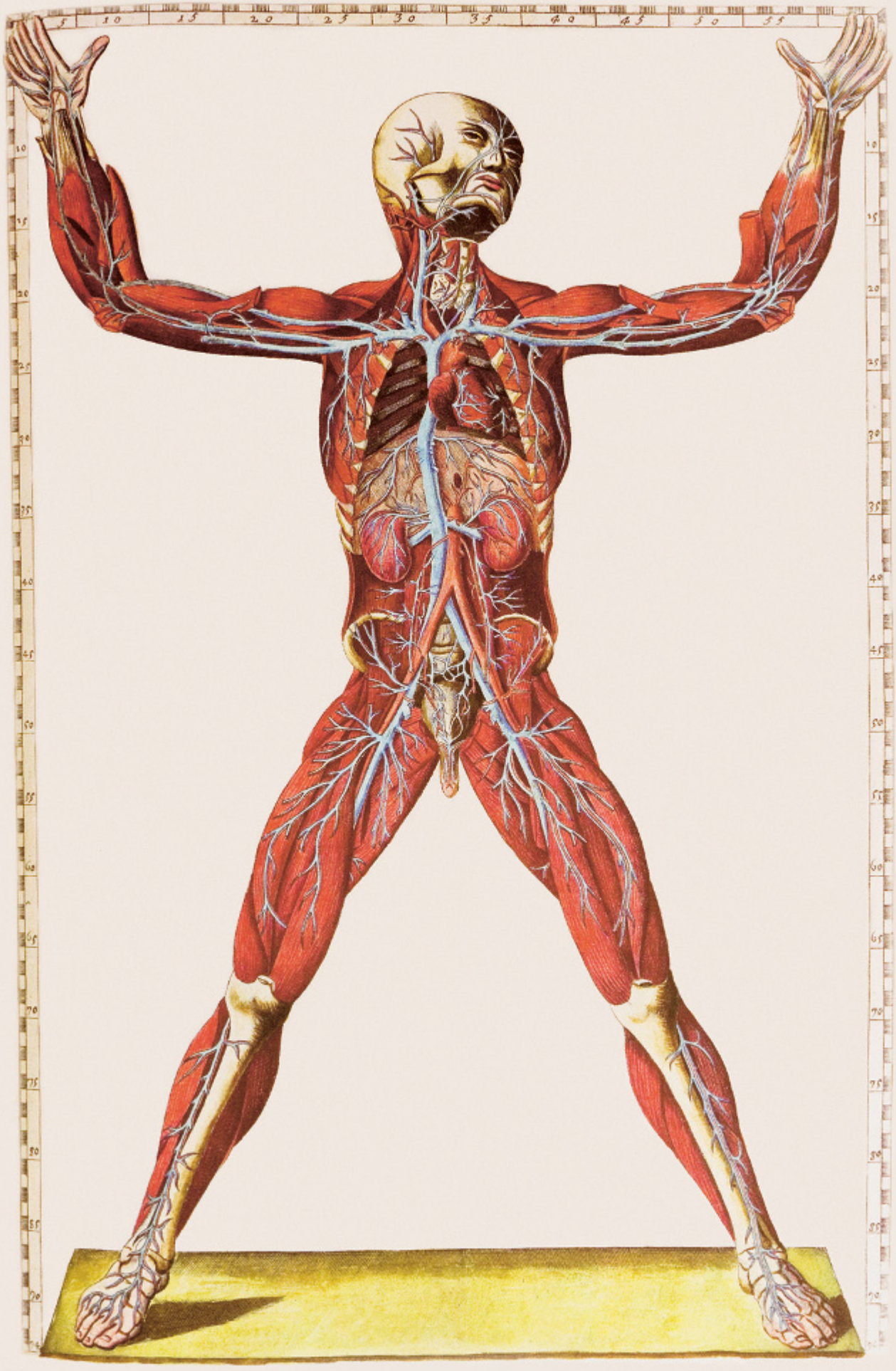
Lorsqu'on évoque la santé, il est difficile de ne pas faire référence à la maladie et au combat qui est mené contre elle. Afin de procéder aux interventions nécessaires et de guérir leurs patients, les médecins doivent disposer d'images de leur corps. Un corps, notamment masculin, mis en scène dans la série d'illustrations qui se succèdent dans ce point fort consacré à la santé. Du squelette du XIVe siècle à la tomographie par résonance magnétique du XXIe siècle, chaque représentation a une signification qui va au-delà de la description objective voulue par les scientifiques. Il ne s'agit pas seulement d'anatomie. Les images parlent la langue de leurs créateurs. *uha*

La santé dans tous ses états

Nous sommes de mieux en mieux soignés, mais le système de santé n'en suscite pas moins des interrogations. Les coûts ne cessent de croître, le nombre des diagnostics aussi. Et à force de vouloir être en forme, il arrive parfois que l'on se rende malade.

La saignée était censée rééquilibrer les humeurs corporelles. Elle était aussi appliquée à l'aide de sangsues. Illustration tirée du « Fasciculus Medicinae » de Johannes de Ketham (Venise, 1491).

Image : Sheila Terry/Keystone/Science Photo Library



Le système de santé suisse est l'un des meilleurs du monde. Mais pour combien de temps encore ? Par Valentin Amrhein

Un genou de plus

Parlons argent. En 2010, selon l'Office fédéral de la statistique, les frais de santé ont représenté, pour chaque personne vivant en Suisse, une charge moyenne de 661 francs. Soit un total de 62,2 milliards de francs par an ou 10,9% du PIB. Est-ce beaucoup ? Est-ce peu ? L'Autriche, l'Allemagne, la France, les Pays-Bas et le Canada dépensent davantage, et les Etats-Unis caracolent en tête, avec un système de santé qui leur coûte jusqu'à 17,6% du PIB. En même temps, l'espérance de vie, en Suisse, est de 81,7 ans. Seul le Japon fait mieux, avec 82,4 ans. Le système de santé helvétique est aussi un secteur économique à forte croissance, qui emploie quelque 600 000 personnes, soit une personne active sur huit. Alors, pourquoi le rendre meilleur marché ?

Bâti sur du sable

« Nous ne voulons pas un système de santé moins cher, mais plus raisonnable », explique Daniel Scheidegger, ancien médecin-chef au département d'anesthésiologie de l'Hôpital universitaire de Berne et responsable du projet « Système de santé durable » de l'Académie suisse des sciences. L'accès aux soins médicaux est bon, mais le système est bâti sur du sable, résume-t-il. Aujourd'hui, il ne fonctionne que parce que nous importons plus de la moitié du personnel médical. La Suisse laisse à ses voisins européens le soin d'assumer la formation de ses soignants. Et les choses ne vont pas s'arranger : d'ici 2020, les EMS auront besoin d'au moins 15 000 employés de plus.

La médecine pourrait aussi être meilleure, selon lui. Grâce aux études cliniques menées en oncologie, nous savons aujourd'hui que les personnes qui prennent certains médicaments survivent quatre semaines de plus. Mais nous ignorons si ces quatre semaines se passent bien ou non. Cette inconnue rend difficile, pour le médecin, la tenue d'une discussion ouverte avec le patient. La plupart des experts estiment qu'il est urgent de mener davantage de recherches sur les services de santé pour savoir si l'investissement médical entraîne un bénéfice approprié.

Souvent, les patients ne tombent malades qu'une fois qu'ils sont chez le médecin, pour des motifs inhérents au système : dans le doute, ils préfèrent des prestations inutiles à pas de prestations du tout, en retour des primes d'assurance qu'ils paient. Quant aux médecins, plus ils traitent de patients, plus ils gagnent. Tel est l'effet, par exemple, du système des forfaits par cas, en vigueur depuis un an. « De nombreux hôpitaux fixent contractuellement avec leurs employés une certaine hausse du chiffre d'affaires, explique Daniel Scheidegger. Si, en tant que chirurgien du genou, à la fin de l'année, je n'ai pas rempli mon quota de patients à opérer, et que vous vous présentez chez moi avec une légère douleur au genou, vous pouvez imaginer ce qui se passe ! »

Cette représentation du médecin et anatomiste Bartolomeo Eustachi (XVIe siècle) met en évidence les muscles, les organes et les vaisseaux sanguins («Tabulae anatomicae », édition de 1714).

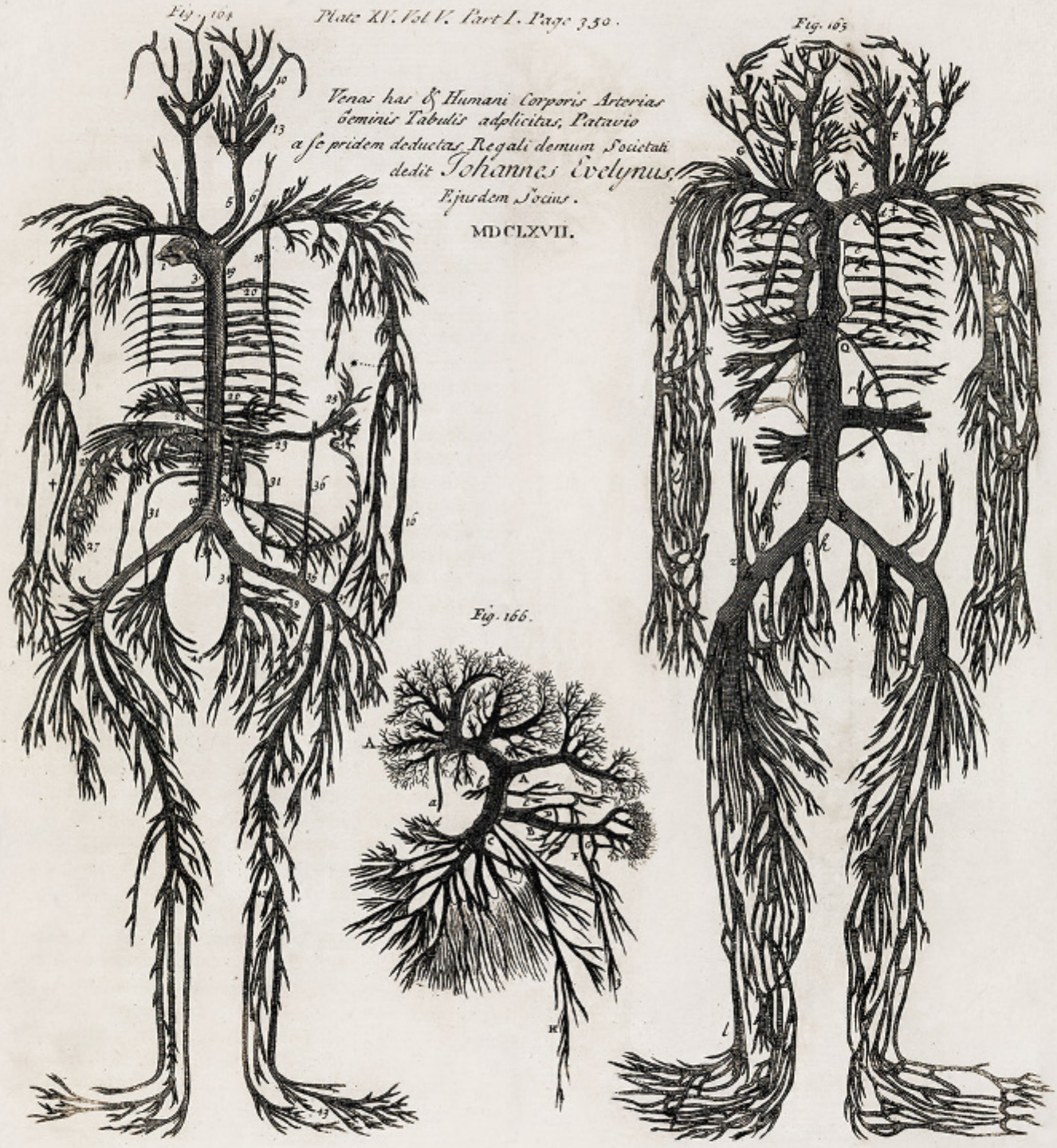
Image : Mehau Kulyk/Keystone/Science Photo Library

Références

Académies suisses des sciences (éd.) : «Efficacité, utilisation et financement du système de santé suisse», Berne, 2012.

Académies suisses des sciences (éd.) : «Méthodes d'évaluation de l'utilité, respectivement de la valeur des prestations médicales», Berne, 2012.

www.akademien-schweiz.ch/gesundheitssystem



Le paysagiste et écrivain anglais John Evelyn a isolé en 1667 les artères (à gauche) et les veines (à droite) du corps («Philosophical Transactions», édition de 1734).
Image : Middle Temple Library/Keystone/Science Photo Library

Le malade est-il coupable ?

On n'a jamais diagnostiqué autant de maladies qu'aujourd'hui. Dans le même temps, la santé est un bien convoité à tout prix, pour lequel chacun est prié de se donner du mal. Or, cette quête peut parfois rendre malade. Par Urs Hafner

La vie est une maladie mortelle. Plus les paquets de cigarettes se couvrent d'images et de phrases dissuasives, pour des motifs de prévention, plus ce bon mot se répand parmi les fumeurs. Il rappelle une évidence : nous venons au monde pour mourir. Mais cette évidence semble presque obscène, au regard de la valeur montante que la santé revêt dans les sociétés occidentales. Elle est un dogme, et pour nombre d'entre nous, elle est devenue une obsession. Il suffit d'assister à une soirée où les invités ont plus de 30 ans : une bonne partie de la discussion tourne (parfois ironiquement) autour du mode de vie pour lequel il faudrait opter afin d'être en bonne santé.

Une phrase diabolique

En 1946, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sonnait l'avènement de l'ère de la santé, en définissant cette dernière comme « un état de complet bien-être physique, mental et social », qui « ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ». La phrase a quelque chose de diabolique. Elle signifie que personne n'est vraiment en bonne santé, ou alors seulement pendant les quelques heures de gloire de son existence. La santé est posée comme un état auquel on aspire, et pour lequel nous devrions nous donner du mal. Dans la seconde moitié du XXe siècle, la responsabilité du bien-être des citoyens incombait à l'Etat social. Aujourd'hui, avec la percée de la pensée néolibérale, la chronicisation de la crise financière et l'explosion des dépenses de santé, elle relève toujours davantage de l'individu : chacun est rendu responsable de sa propre santé. Si l'on n'est pas en bonne forme, c'est parce qu'on a fait quelque chose de faux : on ne peut donc s'en prendre qu'à soi-même.

Le mode de vie en cause?

Dans son édition de janvier, le magazine alémanique *reformiert* livrait les résultats de son sondage d'opinion sur la santé. A la question de savoir pourquoi on tombe malade, près de 60% des sondés avaient indiqué comme cause le mode de vie. Selon *reformiert*, cette vision des choses serait due en première ligne à l'OMS et à l'Office fédéral de la santé publique. Alors qu'elle est à peine tenable d'un point de vue scientifique, souligne Josef Jenewein, médecin-chef à la clinique de psychiatrie et de psychothérapie de l'Hôpital universitaire de Zurich. Un mode de vie sain, rappelle-t-il dans les colonnes du magazine, ne garantit pas qu'on ne tombera pas malade ; et souvent, on ignore pourquoi une maladie se déclare : même dans le cas d'un fumeur qui développe un cancer – une situation a priori évidente – la fumée n'est pas le seul déclencheur.

La rigidité du régime de santé moderne fait monter les critiques au créneau. « Dans les pays développés, l'aspiration des sociétés à la santé est devenu le facteur pathogène prédominant », écrivait ainsi Ivan Illich, en 1999 déjà. « La promesse du progrès conduit au refus de la condition humaine et à un dégoût de l'art de souffrir », poursuivait le philosophe et théologien, décédé en 2002. Motif : « Chacun exige que le progrès mette fin aux souffrances du corps, maintienne le plus longtemps possible la fraîcheur de la jeunesse, et prolonge la vie à l'infini. Ni vieillesse, ni douleur, ni mort. » Pour Ivan Illich, la disparition de l'« art de souffrir » est liée au changement de la fonction du médecin : jadis, ce dernier devait avant tout écouter le malade. Or, depuis que les hommes de l'art se sont fait confisquer le gouvernail de la « biocratie » – par l'industrie pharmaceutique et les politiques de santé publique, faudrait-il ajouter – ils ne font plus qu'« attribuer des pathologies ». La santé « n'est plus ressentie », elle est « un optimum », « un équilibre entre le macrosystème socio-écologique et la population de ses sous-systèmes de type humain », détaillait le philosophe. Or, cette définition de la santé forme, pour ainsi dire, le pendant technique de celle de l'OMS.

Médicalisation

La santé veut être réalisée – presque – par tous, partout et à tout moment. Cette évolution explique l'établissement du concept de médicalisation, qui décrit la place grandissante que la santé occupe dans la société. Dans l'ouvrage collectif *Gesellschaft und Krankheit – Medikalisierung im Spannungsfeld von Recht und Medizin* [Société et maladie – médicalisation dans le champ de tension du droit et de la médecine], le sociologue Peter C. Meyer constate que de plus en plus de phénomènes non médicaux (problèmes relationnels, absence d'enfants ou burnout) sont définis et traités comme des maladies. En même temps, les médecins perdent leur influence. D'un côté, la médicalisation pèse sur le système de santé en faisant grimper les coûts mais, de l'autre, le système économique appelle de ses vœux la croissance

«L'aspiration des sociétés à la santé est devenu le facteur pathogène prédominant.»
Ivan Illich

qu'entraîne la médicalisation. Il existe sur le marché une demande pour de nouveaux produits issus de l'industrie de la santé, comme le montre l'« human enhancement ». Cette forme extrême de médicalisation ne traite pas des maladies, mais optimise la santé par le biais d'interventions médicales (médicaments le plus souvent). Les corps doivent s'adapter à ce qui a valeur de norme : on administre aux enfants de petite taille des hormones de croissance, on se dope dans le sport et au travail, et on fait rajeunir les corps, ou on les modèle conformément au dernier idéal, en recourant à la chirurgie esthétique.

Houlette du politique

Cette santé hypostasiée, censée s'autoréaliser, est aussi placée sous la houlette du politique. Pour la sociologue Franziska Schutzbach, qui consacre sa thèse de doctorat à la santé reproductive, les programmes supranationaux, comme ceux que conduisent l'OMS et ses Etats membres, ont même une « dimension de politique démographique ». Le terme fait dresser l'oreille, car le champ de la politique démographique est officiellement frappé d'ostracisme depuis le national-socialisme et les efforts eugénistes des Etats démocratiques, qui faisaient stériliser les mères célibataires, même après la Deuxième Guerre mondiale. En 1994, les Nations Unies ont décidé d'abandonner la politique de développement antinataliste stricte, qu'ils avaient imposée aux pays du Sud, pour, à la place, mettre en avant le planning familial comme besoin de santé individuel fondamental, en se référant aux droits humains.

Selon Franziska Schutzbach, les programmes de santé européens de l'OMS utilisent l'invitation à un comportement reproducteur libre et responsable pour promouvoir un autre objectif : stopper la baisse des taux de natalité. Ainsi, l'OMS/Europe argumente qu'il est préférable pour les femmes d'avoir des enfants lorsqu'elles sont jeunes, au motif que l'âge représente un risque pour leur santé. Ce souci pour la santé des femmes est lié, affirme la sociologue, à l'objectif d'augmenter les taux de fécondité. Le comportement des femmes en matière de procréation se retrouve ainsi subordonné à la norme de l'optimum démographique. En ce sens, estime-t-elle, il s'agit d'une « politique démographique par la petite porte », qui n'est plus ordonnée par une instance au pouvoir, mais volontairement mise en œuvre par les individus, sur la base de recommandations – « soyez en bonne santé ! » Une évolution qui correspond à la notion de « gouvernementalité », développée et décrite par le philosophe Michel Foucault.

Etre en bonne santé et plus encore, cela demande des efforts, cela fatigue et cela rend parfois malade. Dans notre société médicalisée, les affections les plus répandues sont les dépressions, les états d'épuisement et les burnouts. L'historien Patrick Kury propose une histoire du savoir sur le stress, où il conclut que les maladies d'épuisement permettent à l'individu d'exprimer son malaise et son surmenage, sans devoir avouer ses déficits et ses limites ; en tant que maladies, le stress et la dépression seraient donc des offres tout à fait alléchantes. En même temps, l'individu est tenu de se remettre en état, en recourant à l'un des innombrables traitements disponibles, et de continuer à travailler. La dépression serait ainsi la maladie d'une société qui aspire à tout prix à la santé. Voilà qui ne fait guère de doute.

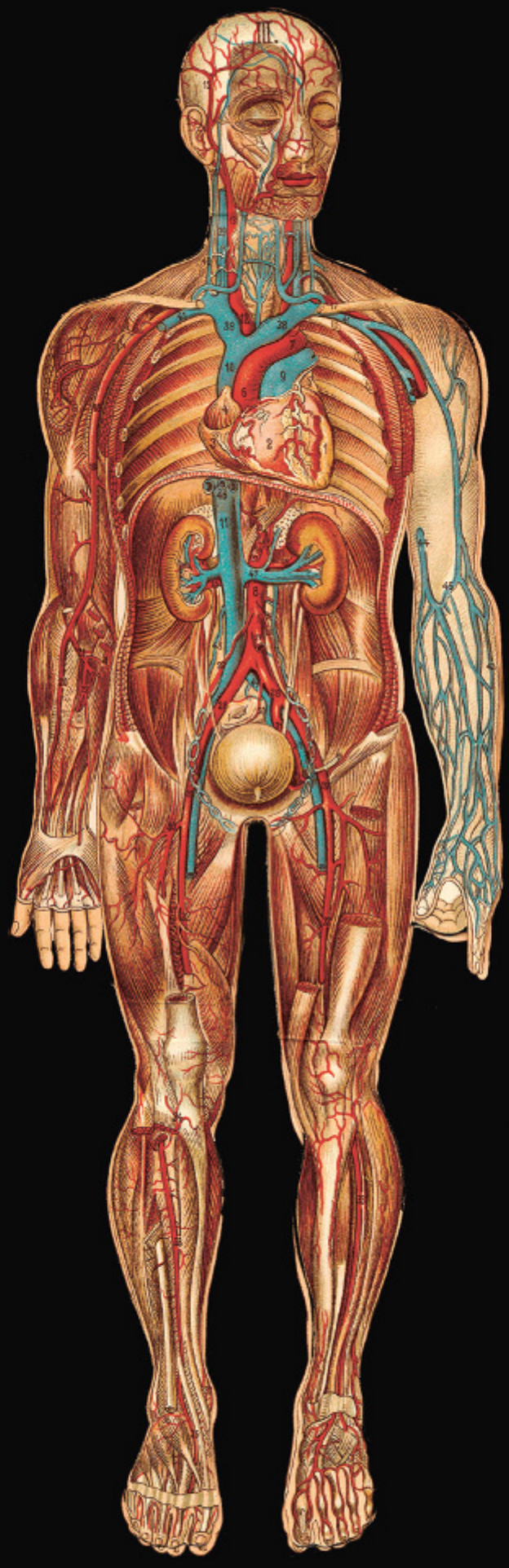
Références

Ivan Illich : « Un facteur pathogène prédominant. L'obsession de la santé parfaite », Le Monde diplomatique, mars 1999.

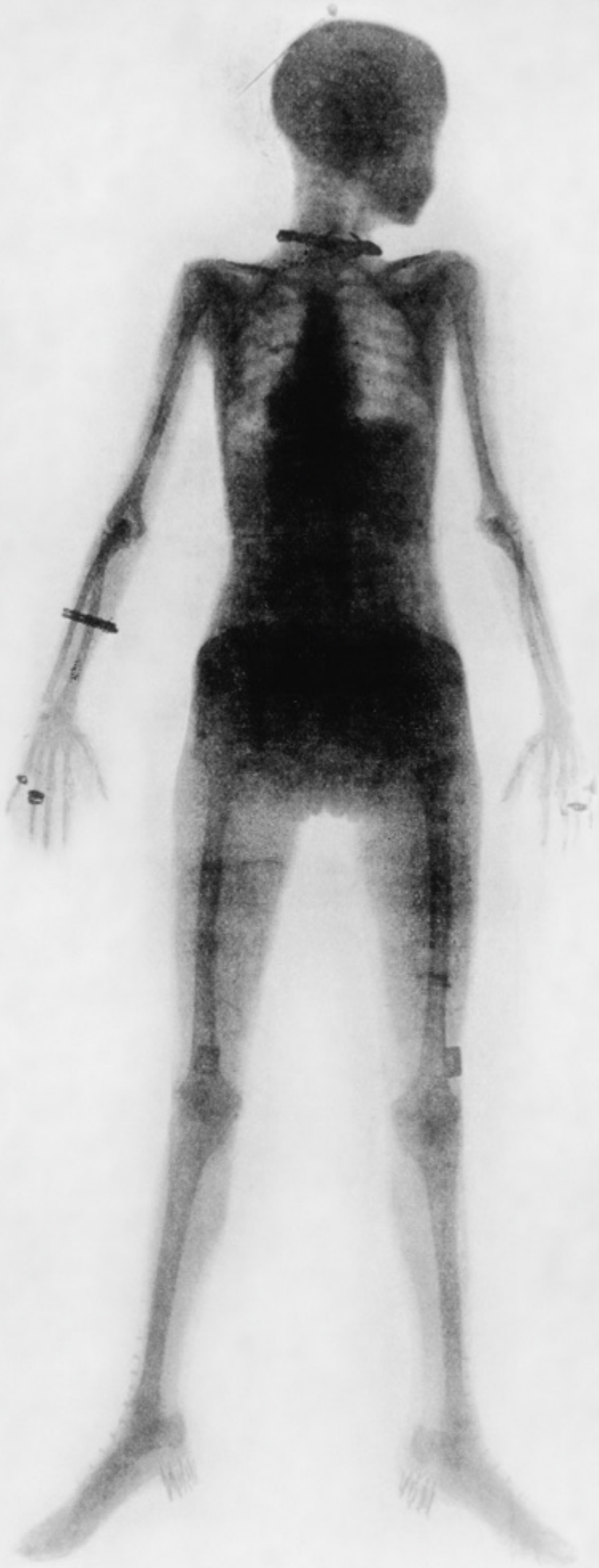
Patrick Kury : « Der überforderte Mensch. Eine Wissensgeschichte vom Stress zum Burnout » [L'homme surmené. Une histoire du savoir sur le stress et le burnout], Francfort-sur-le-Main, 2012, 342 p.

Erwin Murer (éd.) : « Gesellschaft und Krankheit: Medikalisierung im Spannungsfeld von Recht und Medizin » [Société et maladie : médicalisation dans le champ de tension du droit et de la médecine], Berne, 2012, 164 p.

Franziska Schutzbach : « Vom Aussterben Europas. Eine kritische Einschätzung von Fortpflanzungsdiskursen in europäischen Gesundheitsprogrammen » [De l'extinction de l'Europe. Critique des discours de la reproduction dans les programmes européens de santé], Gender. Zeitschrift für Geschlecht, Kultur und Gesellschaft (à paraître).



Le médecin naturaliste Friedrich Eduard Bilz s'est concentré sur la circulation sanguine dans son ouvrage populaire « Neuen Naturheilverfahren » (édition de 1898).
Image : MaxPPP/Keystone/Bianchetti/Leemage



Première image aux rayons X d'une personne vivante réalisée à New York en 1907. On voit son squelette, son cœur, son foie et ses bijoux. La radiographie a duré trente minutes.

Image : Keystone/Science Photo Library

Le maximum n'est pas optimal

Il y a de nombreuses raisons d'être fier du système de santé suisse. Mais l'objectif visé par la médecine est trop souvent maximal et non optimal. Il faudrait se montrer plus modeste. Par Ori Schipper

Améliorer, c'est parfois simplifier. Ce principe, la médecine actuelle devrait le prendre plus à cœur. C'est en tout cas ce qu'on se dit lorsqu'on découvre les chiffres concernant la consommation de médicaments dans notre pays, présentés par Eva Blozik, médecin-chef au Centre suisse de télémédecine MEDGATE, à l'occasion du premier symposium de la recherche sur les services de santé, une discipline qui vise une prise en charge médicale et soignante aussi efficiente que possible. Ces chiffres montrent que les médicaments prescrits à un quart des personnes de plus de 65 ans – en première ligne des psychotropes – sont associés pour cette classe d'âge à une augmentation du risque d'effets indésirables. « Or, généralement, des alternatives à ces principes actifs dangereux existent », souligne Eva Blozik.

A cela s'ajoute que presque la moitié de ces patients se voient prescrire simultanément cinq médicaments et plus, ce qui accroît le risque d'interactions pernicieuses entre principes actifs. Pour Eva Blozik, cette polymédication est due, entre autres, à la fragmentation des soins médicaux en Suisse. « Chacun fait sa petite cuisine », résume-t-elle. Les médecins qui travaillent en solitaire ne constituent pas un problème dans le cas de personnes jeunes et en bonne santé qui souffrent d'un rhume, estime Eva Blozik. En revanche, pour les personnes âgées présentant plusieurs maladies chroniques, de nouvelles lignes directrices sont nécessaires en matière de traitement, de même qu'une meilleure coordination des soins médicaux.

Un champ encore balbutiant

« Il ne suffit pas d'avoir beaucoup de bons solistes pour faire un orchestre, rappelle Thomas Rosemann, directeur de l'Institut de médecine générale à l'Université de Zurich. Si nous voulons que la médecine produise une musique optimale, nous devons porter notre attention plutôt sur l'organisation du concert que sur les nouveautés dans le domaine des procédures et des médicaments. » A ses yeux, la recherche fondamentale et la recherche clinique ne suffisent pas. Pour pouvoir traduire leurs résultats dans le quotidien clinique, le troisième pilier de la recherche sur les services de santé est indispensable. Déjà bien occupé en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, ce champ est encore balbutiant en Suisse. L'objectif premier de la recherche sur les services de santé n'est pas de rationner les prestations médicales, mais d'évaluer de manière scientifique comment obtenir un bénéfice maximal pour les patients avec des moyens limités. Les lacunes à combler en priorité et les doublons à éviter n'apparaissent, affirme Thomas Rosemann, que si l'on élargit le champ de vision à l'ensemble du système de santé.

Renoncer à la polymédication

Souvent, la recherche sur les services de santé remet en question des routines bien rodées. Cette démarche sous-tend l'étude de Stefan Neuner-Jehle qui travaille dans le même institut zurichois. Cette recherche fait partie des huit projets soutenus en 2012 par la Fondation Gottfried et Julia Bangerter-Rhyner et l'Académie suisse des sciences médicales. Stefan Neuner-Jehle examine si un bref catalogue de questions peut inciter les médecins de famille et leurs patients de plus de 60 ans à renoncer à la polymédication. Ce catalogue ne comporte que quatre questions sur les effets secondaires et les alternatives possibles. Mais dans le département de gériatrie d'un hôpital israélien, le fait de les poser de façon régulière et tenace a suffi pour abaisser de plus de moitié la consommation de médicaments, sans concessions en termes de santé. Au contraire : avec moins de médicaments, sept patients sur huit se portaient mieux.

Les chiffres relatifs aux traitements des maladies cardiovasculaires dans les hôpitaux suisses montrent, eux aussi, que les médecins en font souvent plus que nécessaire. C'est ce que met en évidence l'analyse d'André Busato et de son équipe, de l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Berne. En termes de traitements dispensés, les taux varient selon les régions d'un facteur 1 à un facteur supérieur à 10. « Ces différences n'ont aucun fondement médical », explique André Busato. Le chercheur suppose que le recours aux prestations médicales dépend notamment de leur disponibilité. Il pointe une « demande induite par l'offre » et « des attentes parfois hors réalité, confinant au wellness ». En documentant cette grande variabilité et en démontrant la dispensation de prestations superflues, il espère amorcer un changement. Mais ce dernier est particulièrement difficile à induire en Suisse, souligne le chercheur, car dans le domaine hospitalier, les cantons portent plusieurs casquettes : ils sont propriétaires, exploitants et régulateurs de leurs hôpitaux – sans séparation des pouvoirs.

Mécanisme de défense

Une autre raison pousse parfois les médecins à en faire trop. Il est souvent plus facile d'entreprendre quelque chose que d'expliquer à un patient mourant qu'il serait peut-être préférable de ne rien faire, relève Friedrich Stiefel, psychiatre à l'Université de Lausanne. Ainsi, au lieu de réduire les traitements à l'approche de la mort, on les intensifie. « L'action prend le pas sur la réflexion, c'est un mécanisme de défense », conclut Friedrich Stiefel. A son avis, beaucoup de médecins en sont conscients mais peinent toutefois à simplement écouter. A la place, ils cèdent au besoin de chasser leur sentiment d'impuissance, en procédant à un examen ou en prescrivant un traitement. Friedrich Stiefel n'est cependant pas en mesure de quantifier les traitements contestables initiés et les consultations inutilement multipliées dans les services de soins intensifs.

Le progrès technologique et l'espérance de vie qu'il entraîne ont induit une croissance foudroyante des prestations du système de santé suisse. A la fierté qu'inspire pareil succès vient cependant s'ajouter une inquiétude de plus en plus grande chez de nombreux acteurs et observateurs. D'abord parce que le système de santé touche à ses limites, ne serait-ce qu'en raison du personnel qui viendra bientôt à manquer. Ensuite, parce que l'aisance nous fait oublier nos limites : nous refoulons la mort et perdons ainsi notre capacité à discerner ce qui serait raisonnable. Nous n'osons pas nous demander ce qui, dans la palette du médicalement faisable, serait vraiment souhaitable. Dans ce contexte, il n'est guère étonnant que la médecine vise l'objectif maximal et non l'objectif optimal. Il faut espérer que la recherche sur les services de santé nous enseignera davantage de modestie.

Tomographie par résonance magnétique d'une femme vue de face, 2010.
Image : Gustoimages/Keystone/Science Photo Library

Partage et profite !

Risque incommensurable ou potentiel époustouflant ? La question de la médecine personnalisée divise les esprits. Par Irène Dietschi

Stephen Heywood avait 29 ans lorsque les médecins ont diagnostiqué chez lui une sclérose latérale amyotrophique (SLA). Cet arrêt de mort, trois ingénieurs du MIT – ses frères Ben et Jamie ainsi que son vieil ami Jeff Cole – ont refusé de l'accepter. Ils sont alors partis à la chasse aux idées dans le monde entier afin d'améliorer et d'allonger l'existence de Stephen. Cette expérience les a poussés, en 2004, à fonder la plate-forme Internet patientslikeme.com.

Comme avec Facebook et les autres médias sociaux, le principe est celui du partage, dans le cas présent de données de santé. Vous aimeriez adhérer à la communauté ? Tapez votre adresse e-mail, votre nom d'utilisateur et un mot de passe, ainsi que quelques données personnelles. Ensuite, des questions plus précises vous sont posées concernant votre ou vos maladies, votre état général, les traitements suivis, les effets secondaires ressentis, etc. « Nous pensons que le partage de données médicales est positif, dans la mesure où une coopération globale permet l'émergence de nouveaux traitements », observent les exploitants de la plate-forme. La transparence est le principe maître. Si l'utilisateur donne son accord, PatientsLikeMe revend ses données à ses partenaires, des entreprises qui proposent des produits orientés patients (médicaments, appareils, prestations médicales ou assurances), et réalise ainsi un bénéfice.

Médecine Ikea

L'entreprise est active depuis longtemps dans la recherche biomédicale. Son étude en ligne, qui mesurait l'effet du lithium sur la SLA, a fait grand bruit et été publiée en 2011 dans *Nature Biotechnology*. Si la revue a souligné les limites d'une recherche menée dans un cadre non clinique, elle a également reconnu que le fait de transférer la collecte de données des chercheurs vers les utilisateurs (« crowdsourcing ») présentait des avantages : rapidité, accès à un grand nombre de patients et, surtout, une certaine valeur de preuve.

La participation des patients est un aspect de la médecine personnalisée qui connaît un énorme essor. Mais sa signification exacte reste floue. « Les démarcations conventionnelles, par exemple entre chercheurs et patients, se brouillent de plus en plus, constate Effy Vayena, de l'Institut d'éthique biomédicale de l'EPFZ. De nouvelles tendances comme le crowdsourcing nous attribuent des rôles différents que, pour l'instant, nous ne comprenons pas précisément. » Cela se traduit par l'apparition d'autres dénominations : « médecine de précision », « médecine génomique », voire « médecine do it yourself », « santé 2.0 » ou « médecine Ikea ».

Jalons dans le traitement du cancer

Un fait demeure : le progrès technologique en matière d'analyses génétiques et moléculaires a fait émerger de nouveaux principes actifs, qui ne fonctionnent que pour les patients porteurs des particularités correspondantes. Les traitements sont de plus en plus taillés sur mesure, pas encore en fonction de l'individu, mais de groupes limités. « Les possibilités de la médecine individualisée sont fantastiques et vont radicalement modifier notre pratique », estime Andreas Huber, chef de la médecine de laboratoire à l'Hôpital cantonal d'Aarau. A ses yeux, la médecine personnalisée « avance grâce au laboratoire », et jusqu'ici, c'est surtout dans le traitement du cancer que des jalons ont été posés.

Dernier exemple en date : le vémurafénib (commercialisé sous le nom de Zelboraf), un principe actif développé par Roche, homologué en 2012. Ce médicament est efficace contre le mélanome malin, incurable jusque-là, mais seulement chez les patients qui présentent un certain biomarqueur, soit la moitié d'entre eux environ. Les avantages de ce traitement sont évidents : il n'est administré qu'aux personnes chez lesquelles il fonctionne. Autres exemples : le biomarqueur HER2, dans le cas du cancer du sein, ou le gène BCR-ABL, dans celui de la leucémie myéloïde chronique.

De telles découvertes ne sont possibles que parce que la recherche dispose de toujours plus de données issues de différentes disciplines : génomique, épigénomique et protéomique. C'est là qu'entre en jeu un concept qui hante les médias de Suisse depuis la campagne malheureuse « Mein Genom und wir » [mon génome et nous] d'Ernst Hafer, professeur à l'EPFZ : l'analyse incontrôlée de l'ADN, le patient transparent. Christine Egerszegi, conseillère nationale et présidente de la Commission de la sécurité sociale et de la santé publique, juge la population inquiète et exige des « règles claires ». Quant à l'Académie suisse des sciences médicales (ASSM), elle met en garde contre les « dérives » de la médecine personnalisée, notamment contre « les offres douteuses de tests génétiques proposées sur Internet ». Le journal alémanique *20 Minuten* est même allé jusqu'à titrer : « De nombreux Suisses font tester leurs gènes à l'étranger – les médecins tirent la sonnette d'alarme. » L'heure est-elle vraiment si grave ?

Effy Vayena juge exagérée l'hystérie médiatique par rapport aux tests génétiques. « Il faut rester critique, mais nous ne devrions pas laisser la peur guider nos réactions », estime-t-elle. La chercheuse relève que les gens sont nombreux à « se mesurer » : que ce soit pour évaluer leur consommation quotidienne de calories ou prendre leur pouls lorsqu'ils font de la course à pied. Selon elle, le fait que de plus en plus d'individus s'intéressent à l'analyse de leur ADN s'inscrit dans cette tendance. Et elle n'y voit rien de fâcheux, tant que l'éthique est respectée et les gens bien informés. « Un tel intérêt est susceptible d'amener les citoyens à participer plus activement aux décisions de santé et à la recherche, écrit-elle dans un article paru dans *Nature Biotechnology*. Si les progrès de la médecine personnalisée représentent un objectif souhaitable, la disponibilité de données génétiques, elle, est décisive. »

Méthodes participatives

Avec son attitude optimiste, Effy Vayena est sur la même longueur d'onde que certains chercheurs américains qui, lorsqu'il est question de participation, saluent surtout les possibilités presque incroyables qu'ouvre la médecine personnalisée. En juillet dernier, par exemple, l'entreprise biotech 23andMe, un poids lourd californien sur le marché des tests génétiques, a racheté la plate-forme santé CureTogether, qui fonctionne de façon similaire à PatientsLikeMe. De la combinaison entre la communauté CureTogether et les profils moléculaires de la clientèle de 23andMe, les représentants de la recherche « qui avance grâce aux patients » escomptent un énorme élan : pour eux, les méthodes participatives ont définitivement fait leur entrée dans le domaine de la santé.

Nouvelles tendances dans la médecine de pointe
Dans mon cas, la médecine individualisée a jugé que le cholestérol ne jouait aucun rôle. Je peux maintenant manger autant de saucisses que je veux!
La médecine préventive ouvre de nouvelles perspectives à la chirurgie.
Docteur, j'ai un estomac. Pourrait-on me l'enlever, histoire de m'éviter un ulcère ou un cancer gastrique?
widmer

« Nous devons nous montrer plus sûrs de nous »

La marge de manœuvre pour une réflexion qui ne cible pas une solution immédiate se réduit de plus en plus. Or, les sciences humaines en ont besoin, affirme Virginia Richter.

Valérie Chételat

Virginia Richter, vous avez contribué à la prise de position « Pour un renouvellement des sciences humaines ». Pourquoi doivent-elles se renouveler ?
Les sciences humaines ne sont pas appelées à se réinventer complètement. Elles possèdent une belle tradition. Mais elles ont deux problèmes. Apparemment, beaucoup de gens ignorent ce que font les chercheurs en sciences humaines et en quoi ils contribuent à résoudre les problèmes de la société. Là, nous devons être plus sûrs de nous et montrer que les modèles que nous offrons vont au-delà de solutions strictement techniques. L'autre difficulté est interne : partout dans le monde, les nouveaux critères d'évaluation de la recherche portent largement la marque des sciences naturelles. Si nous ne voulons pas être pénalisés dans l'attribution de financements tiers, nous avons à réfléchir à la manière de réagir à ces défis.

En quoi les critères d'évaluation des sciences naturelles diffèrent-ils de ceux des sciences humaines ?
Dans les sciences naturelles, la taille est souvent un critère de qualité : combien de chercheurs collaborent sur ce projet ? Combien d'articles ont été publiés ? Alors qu'une chercheuse classique en sciences humaines commence par passer des années en bibliothèque, mène sa recherche seule et finit par écrire un livre. Comment comparer un ouvrage, sur lequel on a travaillé six ou sept ans, avec une série d'articles ? Le processus de révision par les pairs existe aussi chez nous, mais nous n'avons pas de « ranking » officiel des revues spécialisées, ni de système de décompte des citations. Ce qui est central, c'est le caractère convaincant de l'enchaînement argumentatif.

> « Beaucoup de gens ignorent ce que font les chercheurs en sciences humaines et en quoi ils contribuent à résoudre les problèmes de la société. »

Et c'est cela que vous voulez changer ?
Nous ne pouvons pas juste nous adapter aux sciences naturelles. Il ne faudrait pas abandonner la recherche dite en solitaire, et il est indispensable que nous continuions à écrire des monographies. Les universités britanniques montrent où peut conduire la concentration permanente sur l'évaluation : on y effectue tous les cinq ans une photographie panoramique du paysage de la recherche, où le succès économique et les passages à la télévision sont très prisés. Il en résulte une recherche de plus en plus spécialisée, qui perd en profondeur, car elle est évaluée aussi en fonction de la façon dont elle est perçue de l'extérieur. Nous voulons garder la possibilité de conduire des analyses amples et complexes.

Que voulez-vous modifier, alors ?
Pour nous aussi, les grands projets de recherche peuvent être utiles. Des centres de recherche en sciences humaines, où l'on dépasse les frontières des disciplines, émergent déjà. Nous devons nous demander comment faire pour obtenir des fonds pour de tels projets. Mais il faudrait aussi des formes d'encouragement qui permettent aux professeurs de se consacrer durant un an à l'écriture d'une monographie. Actuellement, la marge de manœuvre pour une réflexion qui ne cible pas une solution immédiate se réduit de plus en plus. Or, les sciences humaines en ont besoin.
Propos recueillis par Valentin Amrhein

Virginia Richter est professeure de littérature anglaise moderne à l'Université de Berne. La prise de position de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales « Pour un renouvellement des sciences humaines » est disponible sur www.sagw.ch/geisteswissenschaften.

Valérie Chételat

Entre devoir et espoir

En tant que juriste, Helen Keller peut se permettre de laisser certaines questions ouvertes. Comme juge, elle doit trancher. Par Caroline Schnyder

Elle sourit à l'objectif et ne bronche pas pendant toute la séance photo dans la bibliothèque de l'Université de Zurich. Helen Keller a l'habitude d'être un personnage public, de donner une voix et un visage à ce qui lui tient à cœur. Mais elle ne s'exprime plus très souvent dans les médias depuis qu'elle a pris ses fonctions de juge à la Cour européenne des droits de l'homme à Strasbourg : elle doit préserver son indépendance, pour ses futurs dossiers également.

Professeure de droit international à l'Université de Zurich, Helen Keller est la juge suisse à Strasbourg, où elle a été nommée en 2011, pour neuf ans. La recherche et l'enseignement ne sont désormais possibles pour elle que pendant les vacances judiciaires. Cette nouvelle fonction est un « immense changement », même si elle connaissait déjà le métier, grâce à son travail au Comité des droits de l'homme de l'ONU, à New York. A l'université, Helen Keller pouvait planifier, laisser certaines questions ouvertes ou les approfondir. A la Cour, qui compte 700 collaborateurs, elle doit s'intégrer dans les processus : elle est une roue dans un engrenage, importante certes, mais qui l'oblige à collaborer étroitement avec les autres. Et elle doit prendre position, quelle que soit l'affaire qui lui est soumise.

A la Cour, 47 juges tranchent les plaintes déposées pour atteinte à la Convention européenne des droits de l'homme et à ses protocoles additionnels. 128'000 plaintes sont pendantes. Environ 70% d'entre elles proviennent de sept des 47 Etats du Conseil de l'Europe : Russie, Turquie, Italie, Ukraine, Serbie, Roumanie et Bulgarie. 1300 plaintes émanent de Suisse.

Chaque semaine, Helen Keller se retrouve avec plusieurs dizaines de nouveaux dossiers à traiter sur son bureau. Ils concernent tout un éventail d'atteintes possibles aux droits de l'homme : mauvais traitements, écoutes téléphoniques, censure. Certaines décisions, comme les suspensions d'expulsions, doivent être prises dans les 24 heures. Il s'agit chaque fois d'aider des gens à faire valoir leur bon droit vis-à-vis d'un Etat, de protéger les droits de l'homme en tant que droits individuels fondamentaux.

Responsabilité partagée

Suivant l'importance des dossiers, la juriste travaille dans différentes « cours » : chaque semaine, elle tranche de 40 à 50 affaires en juge unique, de 10 à 30 affaires dans une commission de trois juges, et de 5 à 10 affaires en tant que juge de la petite chambre, où sept juges siègent une fois par semaine. Quant à la Grande Chambre, ses 17 membres se réunissent régulièrement à plusieurs semaines d'intervalle, en principe pour délibérer au sujet d'une affaire controversée, et finalement s'accorder sur un consensus aussi large que possible. « La responsabilité est énorme, avoue Helen Keller. Je suis soulagée de pouvoir la partager avec mes collègues. »

Celui qui obtient gain de cause est la personne qui réussit à convaincre les juges. Helen Keller rappelle qu'à l'université, elle lisait les jugements en fonction de leur cohérence et critiquait leurs contradictions. Elle a dû apprendre qu'un jugement n'est pas une dissertation académique, mais l'aboutissement de processus décisionnels. Page après page, ces décisions de justice

« Le métier de juge n'est pas seulement lourd à porter, il est aussi souvent solitaire. »

font l'objet de discussions, on les complète à un endroit, on les relativise ou on les modifie à un autre. Le résultat procède souvent d'un compromis.

Hormis les casse-têtes juridiques, le quotidien de la juge à Strasbourg est aussi fait de dossiers qui lui « font mal au cœur » : torture, enlèvement d'enfants, disparitions en prison. Des affaires dont elle ne peut même pas discuter avec son mari : tant que la procédure est en cours, elle n'est autorisée à parler de ses dossiers qu'avec ses collègues. Une situation souvent difficile : parfois, elle aimerait pouvoir se décharger. Il lui arrive donc d'avoir besoin d'une émission de variété, tard le soir, pour évacuer ce qui pourrait l'empêcher de dormir.

La menace de certains Etats

Pour Helen Keller, critiquer l'universalité des droits de l'homme n'a guère de sens. A Strasbourg, les opinions sont certes partagées sur certaines questions, comme l'avortement ou l'adoption. Mais si une personne se fait trancher une main après avoir commis un vol, il n'y a pas à discuter pour savoir si cet acte constitue véritablement une violation des droits de l'homme : l'atteinte est claire. A ses yeux, ce ne sont pas les positions relativistes qui menacent les droits de l'homme, mais certains Etats à la constitutionnalité fragile : leurs tribunaux ne fonctionnent pas, leurs prisons sont pleines, ou la police y brutalise les civils. Or, de tels Etats ne sont pas l'exception, relève-t-elle, même en Europe.

Pourtant, Helen Keller continue de croire aux gouttes d'eau qui, à force de tomber, finissent par creuser la roche. Pour la personne qui dépose plainte, c'est la reconnaissance d'une atteinte à ses droits humains qui compte. La juriste espère que les jugements incitent certains Etats à modifier leur jurisprudence ou leur législation. Un espoir d'ailleurs fondé : ces décisions ont entraîné des changements concrets, par exemple pour les personnes incarcérées.

Helen Keller travaille du lundi au jeudi à Strasbourg, son mari et ses deux enfants étant en Suisse. Concilier vie de famille et vie professionnelle, n'est-ce pas un problème pour elle ? Si, avoue-t-elle, c'est parfois limite. Mais Skype facilite beaucoup les choses, comme les interrogations de vocabulaire avec les enfants. Et il lui faut les deux, le travail et la famille. Elle souligne aussi l'importance de se sentir entourée et soutenue par le cercle familial ou les amis : « Le métier de juge n'est pas seulement lourd à porter, il est aussi souvent solitaire », conclut-elle.

Helen Keller

Helen Keller est professeure de droit public, de droit européen et de droit international à l'Université de Zurich. Elle est aussi juge à la Cour européenne des droits de l'homme à Strasbourg. Née en 1964, elle a fait ses études de droit à Zurich. Sa carrière académique l'a menée, entre autres, à la Harvard Law School, à l'European University Institute à Florence et à l'Institut Max Planck de droit public étranger et de droit international, à Heidelberg.

Réseaux et inselbergs

Aux Seychelles, le biologiste Christopher Kaiser-Bunbury remonte la piste des liens qui unissent les plantes indigènes et leurs pollinisateurs.

« Physiquement et psychologiquement, le recueil de données est une tâche lourde. Nous sommes une équipe de cinq observateurs. Chaque jour, nous partons au petit matin, et nous sommes en route toute la journée dans les collines des Seychelles. Nous y guettons en permanence insectes, oiseaux et geckos. En collectant sur les fleurs le nectar dont ils se nourrissent, ces derniers assurent la diffusion de leur pollen et contribuent ainsi à la reproduction de la flore. Les liens entre végétaux et animaux forment un réseau écologique. Celui-ci est important, car il en dit beaucoup plus sur le fonctionnement d'un écosystème que la diversité des espèces, par exemple. Dans un jardin botanique, elle peut ainsi être particulièrement importante, alors que le réseau écologique, lui, est faible.

Les Seychelles sont considérées comme un hot spot de la biodiversité. Il y pousse une grande variété de végétaux. Mais uniquement 300 espèces environ sont indigènes, et 1000 autres ont été introduites par l'homme, volontairement ou non. Heureusement, seule une trentaine de plantes sont invasives et refoulent la végétation indigène. Il y a un an, nous avons restauré intégralement quatre zones avec les autorités locales. Nous avons scié quelque 35 000 arbustes et arbres introduits, puis aspergé les souches d'herbicide afin d'empêcher le bourgeonnement. Maintenant, nous étudions le changement que cette intervention dans les processus naturels induit au niveau du réseau écologique.

Les zones restaurées sont ce qu'on appelle des inselbergs : d'immenses rochers de granit aux flancs abrupts. C'est sur le dos de ces colosses que poussent les dernières communautés végétales naturelles bien conservées. Elles forment comme des îles dans la mer des végétaux introduits qui recouvrent le reste des Seychelles. Pour nous, ces formations géologiques uniques sont idéales, car elles nous offrent un contrôle sur notre expérience en pleine nature. Nous comparons le réseau écologique des quatre inselbergs restaurés avec celui des quatre autres qui n'ont pas subi d'intervention.

L'éradication des plantes introduites peut avoir des répercussions aussi bien positives que négatives sur les liens qui unissent les végétaux indigènes et les pollinisateurs. Il serait envisageable, par exemple, que ces derniers optent toujours

Afin d'analyser et de préserver la biodiversité aux Seychelles, des biologistes réhabilitent des zones en les débarrassant des végétaux introduits par l'homme. Ils peuvent ainsi étudier les changements intervenus au niveau du réseau écologique (à gauche, un terrain restauré). On voit ci-dessus un lézard et un oiseau indigènes en contact avec des plantes locales. Photos : Christopher Kaiser-Bunbury, Sabrina van de Velde, Jens Olesen

davantage pour les plantes indigènes, s'ils ne disposent plus des fleurs riches en nectar des espèces invasives. A l'inverse, il est possible aussi que ces pollinisateurs s'éteignent ou migrent s'ils s'avèrent incapables de s'adapter à la réduction de l'offre de nourriture. Pour l'instant, nos données contredisent l'idée dominante selon laquelle les pollinisateurs tropicaux seraient hyperspécialisés. Nombre d'entre eux ne sont pas très difficiles et se servent auprès d'un grand nombre de végétaux différents.

Le réseau écologique est dynamique en raison des changements temporels auxquels les liens entre les plantes et leurs pollinisateurs sont soumis. Cela rend notre travail captivant, mais complique l'analyse. Nous essayons d'expliquer la dynamique que nous découvrons, en nous servant de modèles mathématiques. Combien de temps faut-il à un système détruit pour fonctionner à nouveau et s'autopréserver ? Nous cherchons des points de rupture et des valeurs seuil qu'il conviendrait de franchir, ou au-dessous desquelles il faudrait descendre, pour que des processus négatifs s'enclenchent. Ce que notre expérience révèle aux Seychelles est important aussi pour la protection de la nature sur d'autres îles tropicales, comme la Nouvelle-Zélande, Madagascar ou Hawaï.

Le gouvernement des Seychelles a décidé de mettre sous protection deux des quatre inselbergs restaurés. Lorsque notre expérience s'achèvera, ils devraient être transformés en parcs naturels pour l'écotourisme. Les rentrées ainsi dégagées seront utilisées pour l'entretien et la conservation des communautés végétales naturelles. Cela me réjouit d'autant plus que nombre d'espèces sont endémiques aux Seychelles: elles ne poussent que sur les inselbergs.»

Propos recueillis par Ori Schipper

Du collier de perles au chaudron de sorcière

Les gènes ne constituent qu'une infime partie de notre génome. Le reste était considéré jusqu'ici comme du déchet génétique. Or, son importance biologique est capitale. Par Ori Schipper

Avant, tout était beaucoup plus clair. Il y a quatre-vingt ans à peine, les généticiens ignoraient l'existence des séquences d'ADN – aujourd'hui omniprésentes – et imaginaient l'hérédité comme une sorte de collier de perles, le long duquel les caractéristiques héréditaires – les gènes – s'alignaient joliment côte à côte. L'image a en tout cas été utilisée par Barbara McClintock, lors de son discours à la cérémonie de remise du prix Nobel qui lui a été décerné en 1983 pour sa découverte : la capacité de certaines perles à s'échapper du collier et à aller prendre place dans un autre. Durant son demi-siècle de recherche, elle avait réussi à identifier des éléments génétiques mobiles dans le génome du maïs : les transposons ou éléments transposables.

Ces éléments génétiques mobiles ne sont pas la seule raison pour laquelle l'image du collier de perles ne convient pas pour décrire l'ADN des végétaux ou des êtres humains : il y a aussi le vide béant qui règne entre les perles. Les différents plans de construction de protéines sont en effet séparés les uns des autres par de vastes portions dénuées du moindre gène. Depuis les années 1970, de nombreux scientifiques les désignent sous le nom d'« ADN poubelle » (« junk DNA »). Or, une grande partie de ces déchets situés entre les gènes sont imputables aux différents transposons. D'après ce que l'on sait aujourd'hui, les nombreux membres de cette famille d'éléments mobiles représentent environ 85% du génome du maïs et plus de la moitié du génome humain.

Parenté avec les virus

Deux caractéristiques des transposons leur ont valu leur mauvaise réputation, au cours des quarante dernières années. D'abord, leur parenté avec les virus : ces derniers intègrent aussi l'ADN des cellules qu'ils contaminent, contraignant leurs cellules hôtes à fabriquer d'autres virus. Ensuite, leur multiplication : souvent, une version du transposon reste à son lieu d'origine, alors qu'une autre version s'intègre ailleurs dans le génome et recombine une structure qui a fait ses preuves (elle peut ainsi déclencher des maladies comme le cancer).

Dans notre génome, l'épigénétique fait que la plupart des transposons dorment. Ce concept très en vogue explique, entre autres, comment les éléments transposables perdent leur mobilité. La cellule est dotée de mécanismes (épigénétiques) permettant d'activer ou de désactiver différents gènes à différents moments. L'un de ces interrupteurs moléculaires est composé de protéines appelées méthyltransférases d'ADN qui fixent sur l'ADN de petits appendices chimiques. Ces groupes fonctionnent comme une colle qui verrouille localement la longue double-hélice de

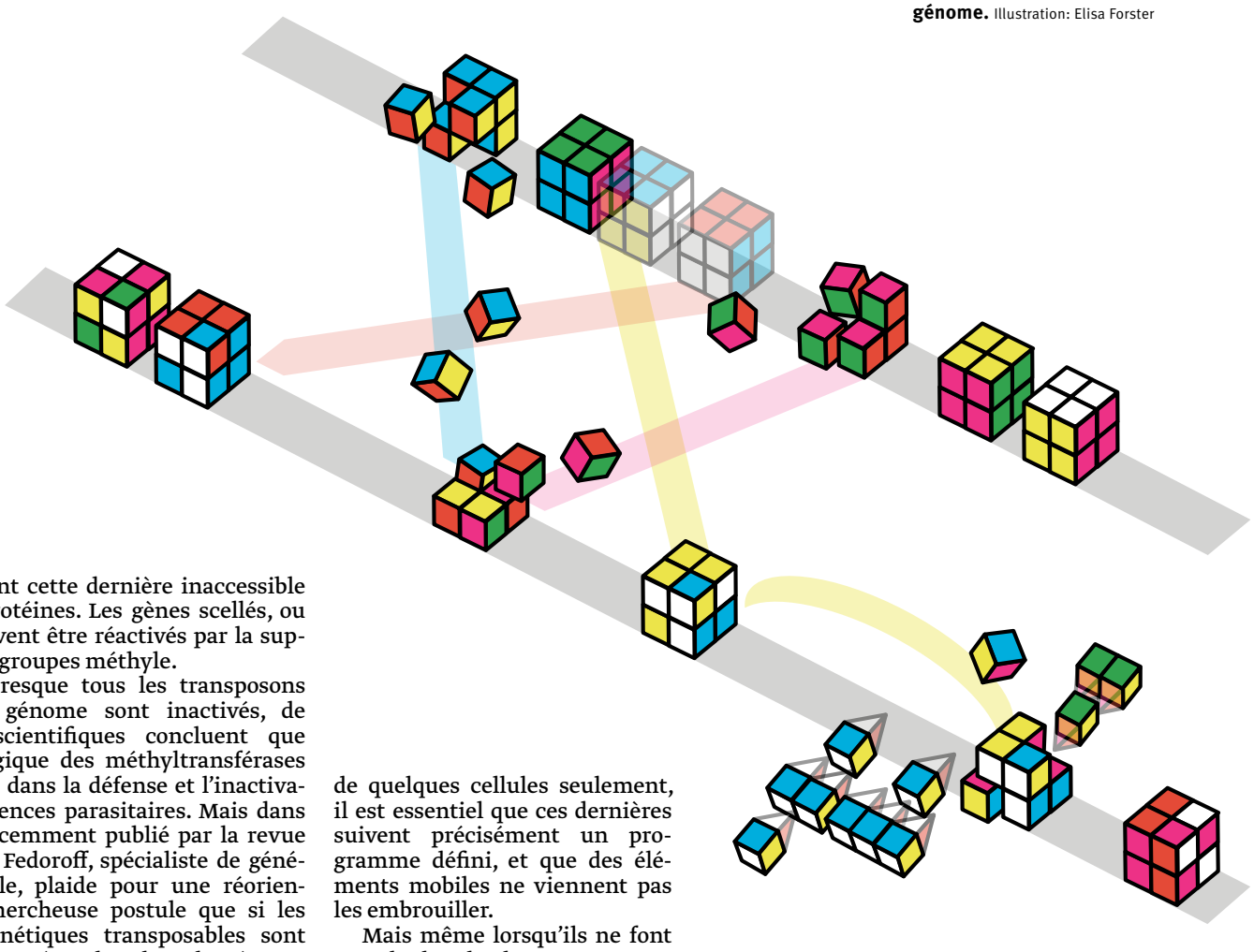


Image chaotique. C'est ainsi que les biologistes s'imaginent les éléments génétiques mobiles présents dans le génome. Illustration: Elisa Forster

l'ADN, rendant cette dernière inaccessible à d'autres protéines. Les gènes scellés, ou inactifs, peuvent être réactivés par la suppression des groupes méthyle.

Comme presque tous les transposons dans notre génome sont inactivés, de nombreux scientifiques concluent que le but biologique des méthyltransférases d'ADN réside dans la défense et l'inactivation de séquences parasitaires. Mais dans un article récemment publié par la revue *Science*, Nina Fedoroff, spécialiste de génétique végétale, plaide pour une réorientation. La chercheuse postule que si les éléments génétiques transposables sont beaucoup plus répandus dans le génome des plantes à fleur et des vertébrés que dans celui des bactéries, ce n'est pas malgré les mécanismes d'action épigénétiques, mais à cause d'eux. Selon elle, l'apparition de réseaux épigénétiques complexes au cours de l'évolution aurait permis, chez les êtres vivants pluricellulaires, une division du travail entre cellules. En même temps, les possibilités de contrôle épigénétiques, qui permettent d'inactiver les transposons en les scellant, diminuent la pression sélective, qui voudrait voir le génome débarrassé de ces éléments mobiles.

Moteurs de l'évolution

Par ailleurs, les perles génétiques mobiles ne sont pas que des parasites invasifs. « Ce sont d'importants moteurs de l'évolution, souligne Didier Trono, du Global Health Institute de l'EPFL. Ils sont capables de recombiner différentes parties du génome, et ce sont eux qui, avec le temps, nous ont fait tels que nous sommes. » Avec son équipe, ce chercheur étudie la façon dont les cellules humaines s'y prennent, au stade embryonnaire, pour inhiber la mobilité des transposons. Au commencement de notre vie, nous sommes particulièrement vulnérables. Lorsque nous sommes constitués de quelques cellules seulement, il est essentiel que ces dernières suivent précisément un programme défini, et que des éléments mobiles ne viennent pas les embrouiller.

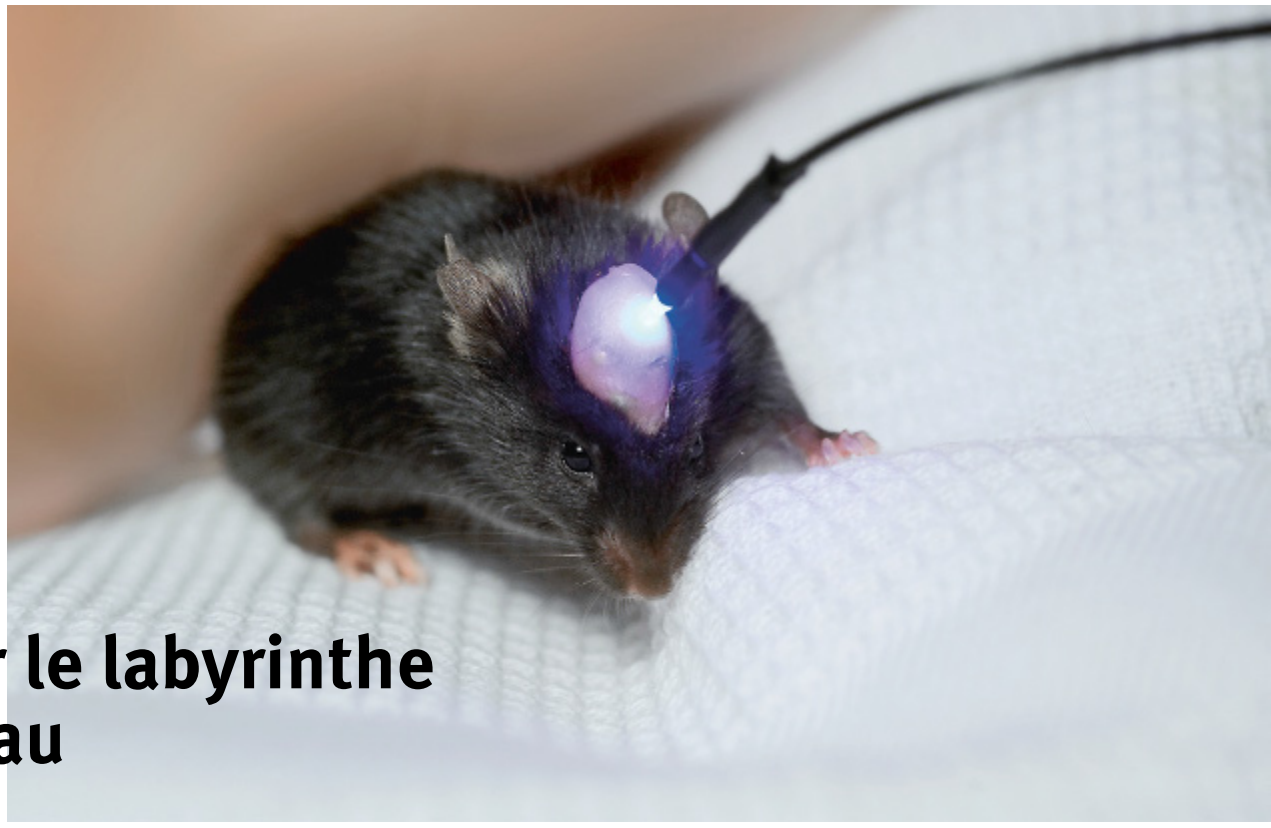
Mais même lorsqu'ils ne font pas de bonds, les transposons influencent l'activité des gènes de leur voisinage. « Ils agissent comme des mines terrestres dans le génome et se font remarquer loin à la ronde », explique Didier Trono. Dans ce contexte, il n'est guère surprenant que les résultats de diverses recherches publiés en parallèle l'an passé dans le cadre du projet international Encode (Encyclopédie des éléments d'ADN) arrivent à la conclusion que 80% de ces supposés déchets revêtent en réalité une importance biologique et jouent un rôle important dans la régulation des gènes, c'est-à-dire dans l'épigénétique. L'intérêt croissant que cette dernière suscite est donc une aubaine pour l'« ADN poubelle », car il est l'objet, aujourd'hui, de davantage de considération.

Les modifications épigénétiques sont susceptibles d'être transmises sur plusieurs générations en restant stables. Mais elles peuvent être annulées à tout moment si les cellules y sont poussées. Barbara McClintock a utilisé le concept de « chocs génomiques » pour qualifier de tels moments dans le développement des espèces. L'expression désigne la réaction d'une cellule lorsque cette dernière découvre que son patrimoine héréditaire a été irréparablement endommagé. Il ne lui reste plus qu'une chose à faire : activer les transposons afin que ces derniers se multiplient et recombinent le génome.

Les transposons se sont ainsi répandus pendant des millions d'années. Souvent, ces éléments mobiles se barrent réciproquement la route, un nouveau transposon s'intègre dans un autre, plus ancien, ou alors deux cassures issues de deux éléments transposables engagent de nouvelles liaisons. Le génome est dès lors « rebricolé », les gènes pris entre deux sont retirés ou dupliqués.

Plus de logique linéaire

De l'ancienne logique linéaire du collier de perles, il ne reste plus grand-chose dans l'image que la science se fait actuellement du génome. Aujourd'hui, notre génome s'apparente au contenu d'un chaudron de sorcière qui dort la plupart du temps, grâce aux mécanismes de contrôle épigénétiques, mais qui peut se réveiller à tout moment : lorsque la soupe se met à bouillonner dans le chaudron, les bonds et le bricolage repartent pour un nouveau tour. L'évolution n'a pas de fin.



Illuminer le labyrinthe du cerveau

Diffusée par une fibre optique implantée sous le crâne, la lumière permet d'activer des cellules choisies. Photo : Alison Pouliot

L'optogénétique, technique d'anatomie fonctionnelle novatrice, utilise de la lumière pour activer des circuits neuronaux spécifiques. Un outil qui permet d'influencer directement les capacités cérébrales.
Par Olivier Dessibourg

« Jeune médecin, je détestais devoir mémoriser dans les livres des connexions cérébrales supposées. Mais je suis désormais fasciné ! » Ce qui a converti le professeur Christian Lüscher, de l'Université de Genève ? L'essor d'une technique permettant de décrypter la circuiterie cérébrale : l'optogénétique. L'idée centrale en est de glisser, au sein de cellules choisies, un gène dont la protéine joue le rôle d'interrupteur cellulaire actionnable simplement à l'aide … d'une lumière bleue, diffusée par une fibre optique implantée sous le crâne, et qui permet donc de faire s'activer ces cellules à souhait.

Christian Lüscher est un spécialiste de l'effet des drogues sur le cerveau et il s'intéresse à une région précise appelée aire tegmentale ventrale, tour de contrôle du circuit de la récompense, sollicitée devant un plat appétissant mais qui est suractivée lors de la consommation de substances addictives. « En pouvant enclencher à souhait des neurones bien spécifiques de cette aire, et en croisant nos observations avec celles faites en microscopie électronique par mon collègue Dominique Muller, nous avons pu déterminer où ces neurones projettent leurs connexions », raconte Christian Lüscher. En l'occurrence, contre toute attente, exclusivement vers une petite fraction de cellules de la région cible, qui sont responsables de l'état de veille. Une connectivité cérébrale insoupçonnée a ainsi pu être mise en évidence, et décrite dans la revue *Nature*. Mais ce n'est pas tout.

« L'intérêt, poursuit le chercheur, est que maintenant nous pouvons dépasser la neuroanatomie et aussi étudier la fonctionnalité de cette connexion. » Le groupe de neurones de l'aire tegmentale ventrale étudié par l'équipe de Christian Lüscher est connu pour avoir une fonction inhibitrice sur des cellules d'une autre aire, qui sont responsables de l'état de veille. Si les neurones inhibiteurs s'activent, leurs cellules cibles se mettent en mode pause, une action qui facilite l'apprentissage d'une tâche, si elle se répète régulièrement. En effet, en équipant les neurones en question avec un interrupteur optogénétique et en éclairant le cerveau des souris à des moments précis avec la lumière bleue, les chercheurs ont trouvé que ces rongeurs arrivaient à mieux apprendre à prévoir des chocs électriques que les souris normales ! Grâce à l'optogénétique, il est désormais possible d'influencer les capacités cérébrales des cobayes.

Plus compliqué

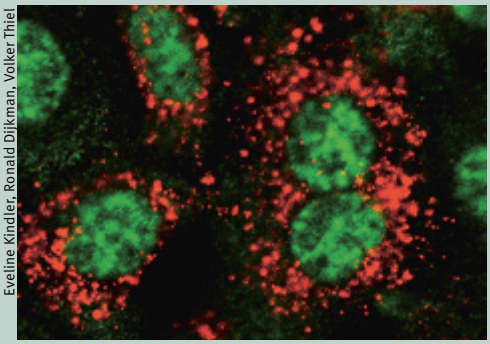
« Outre l'étude de ces neurones en elle-même, ces travaux renforcent définitivement la conviction qu'il faut connaître finement les réseaux neuronaux avant de comprendre le cerveau, conclut Christian Lüscher. On ne peut plus simplement dire que 'telle aire fait ceci, une autre cela'. Certes, semblable remarque complique les choses. Mais grâce à l'optogénétique, nous avons maintenant l'opportunité d'étudier avec une précision fantastique ce qu'on appelle le 'connectome', le plan complet des connexions neuronales. Il s'agit de la seule manière d'espérer pouvoir expliquer à terme comment fonctionne le cerveau. »

Des bactéries gardes du corps

Traiter chimiquement les racines des plantes cultivées contre les affections fongiques et les insectes qui les menacent reste très difficile. Et si des bactéries s'avéraient précieuses dans ce combat ? C'est ce qu'a découvert l'équipe de Christoph Keel, de l'Université de Lausanne, lors d'une recherche en collaboration avec le groupe de Monika Maurhofer, de l'EPFZ. Les chercheurs ont établi que la bactérie Pseudomonas protegens, qui colonise les racines des plantes, a la capacité de protéger ces dernières contre des champignons pathogènes. Mieux encore, elle possède aussi des propriétés insecticides. On a ainsi pu identifier une région de son génome qui code pour une toxine insecticide. Il s'agit d'une protéine qui semble particulièrement toxique pour les chenilles de certains papillons. Lorsque celles-ci ingèrent des feuilles de soja ou de chou traitées avec des Pseudomonas protegens, elles périssent. La toxine mortelle n'est produite qu'une fois que la bactérie se retrouve dans le corps de la chenille. Les connaissances sont encore insuffisantes pour connaître l'impact de ces bactéries sur l'ensemble des insectes, mais des tests effectués sur les abeilles montrent qu'elles sortent indemnes de leur contact avec elles. Ces nouvelles découvertes renferment l'espoir de pouvoir compter sur un agent biologique à tout faire, qui protègerait les plantes des champignons et des insectes ennemis des racines, mais aussi de ceux s'attaquant aux feuilles. *Fleur Daugey*

Peter Kupferschmied

Des chenilles ravageuses ingèrent des feuilles qui ont été traitées avec des bactéries insecticides.



Eveline Kindler, Ronald Dijkman, Volker Thiel

Jeu de cache-cache dévoilé. L'ARN viral coloré en rouge entoure le noyau vert de la cellule.

Virus champions de la dissimulation

Les coronavirus sont passés maîtres dans l'art de jouer à cache-cache. A l'origine de nombreux rhumes banaux mais aussi de la pandémie de SRAS, les virus de cette famille réussissent en effet à se rendre invisibles. C'est ce qu'ont découvert des chercheurs sous la direction de Volker Thiel, à l'Hôpital cantonal de Saint-Gall. « Normalement, les cellules attaquées par des virus peuvent faire la distinction entre le génome de ces derniers et leur propre patrimoine génétique », note Volker Thiel. C'est possible parce que le génome des cellules, contrairement à celui de nombreux virus, est marqué au moyen de groupes chimiques particuliers et porte ainsi une sorte de carte d'identité. Lorsque les cellules ne la reconnaissent pas, elles enclenchent une réaction de défense. Les coronavirus possèdent en revanche des protéines qui leur permettent de munir leur génome à ARN d'une telle carte d'identité. Ainsi masqués, ils sont capables de se multiplier dans l'organisme pendant plusieurs jours sans qu'on les remarque ou presque. Le virologue et son équipe ont mis en lumière ce jeu de cache-cache en cultivant en laboratoire des virus privés d'une de ces protéines. Grâce à des essais sur des cultures de cellules, ils ont réussi à démontrer que les virus modifiés provoquaient une réponse immunitaire. Cette découverte pourrait à l'avenir être utilisée à des fins médicales, par exemple pour fabriquer des vaccins à base de virus affaiblis. *Fabio Bergamin*

Combat contre les vers

Les vers parasites affectent plus d'un milliard d'êtres humains chez qui ils provoquent malaises et pertes d'énergie. Ils sont notamment répandus dans les régions rurales des Tropiques où les conditions sanitaires sont déficientes. Leurs effets sont particulièrement dommageables chez les enfants qui grandissent moins vite et sont moins réceptifs en classe. Les médicaments utilisés jusqu'ici ne sont pas suffisamment efficaces et ne tuent, par exemple, pas les agents de la bilharziose. Les entreprises pharmaceutiques renoncent, quant à elles, à développer de nouveaux remèdes, car ceux-ci ne seraient pas assez lucratifs. La lutte contre la malaria intéresse aujourd'hui davantage les chercheurs que le combat contre les vers parasites. Le groupe de recherche de Jennifer Keiser, à l'Institut tropical et de santé publique suisse à Bâle, est toutefois en train de combler cette lacune. Les scientifiques ont identifié, dans un pigment jaune extrait des fruits du mangoustanier, ainsi que dans des plantes médicinales d'Afrique de l'Est et de l'Ouest comme les fleurs de kousso, des principes actifs qui peuvent inhiber ou détruire les vers. Ils ont également trouvé des substances synthétiques déjà présentes sur le marché qui sont efficaces. Jennifer Keiser estime que la combinaison de ces différentes substances actives est particulièrement prometteuse vu que ces dernières sont facilement disponibles. « Les résultats de nos découvertes sont très attendus dans les pays concernés », précise-t-elle. *Susan Glättli*

Katrin Ingram

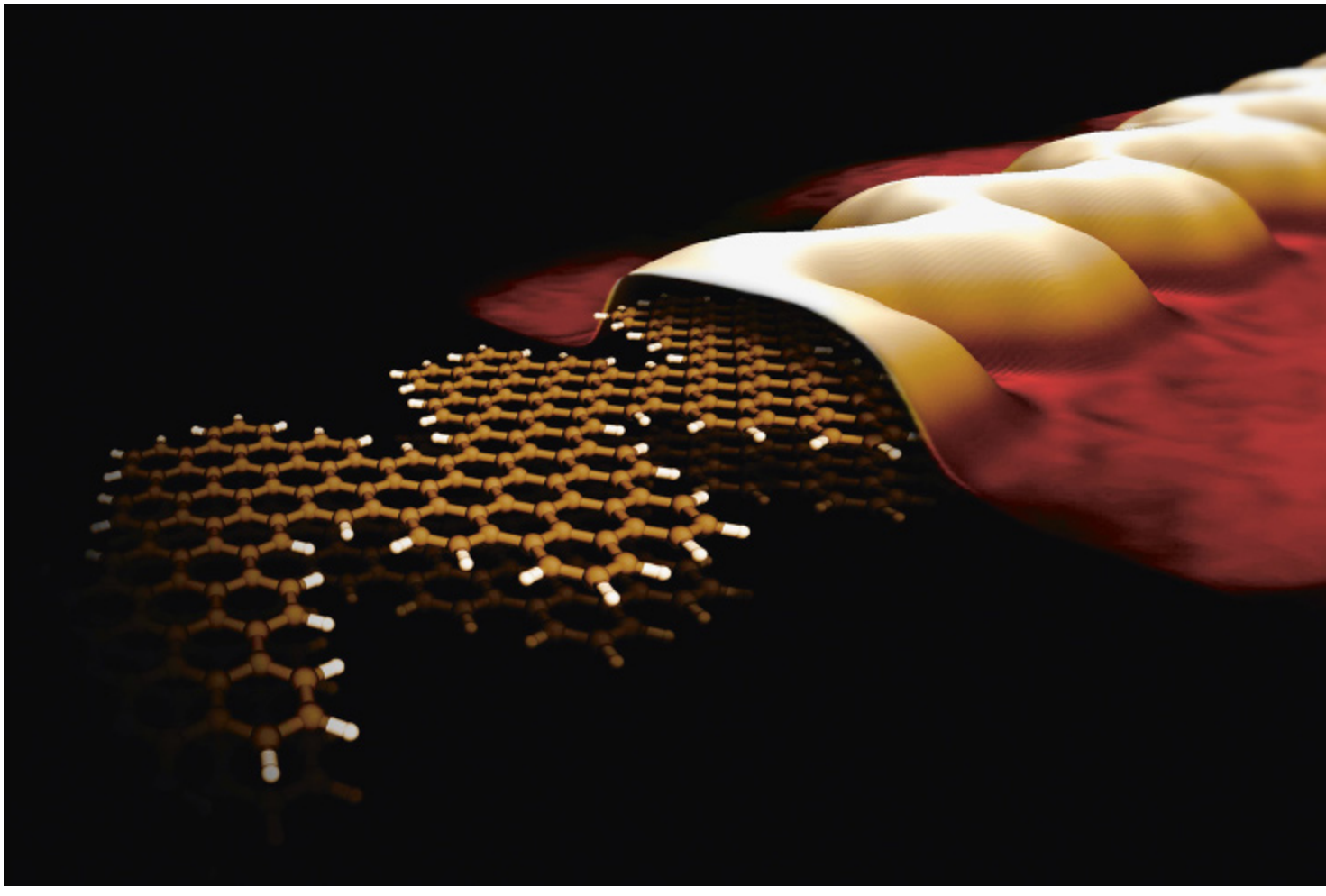
Parasites en action. Des vers à l'origine de la bilharziose.

Le graphène, un matériau du futur

Découvert en 2005, ce cristal suscite déjà de nombreuses attentes. Ses propriétés électroniques, mécaniques, optiques et même thermiques ouvrent la porte à d'innombrables applications. Par Anton Vos

Prenez une mine de crayon gris, collez-y un morceau de ruban adhésif et retirez-le. Par ce geste, vous aurez de grandes chances de prélever un petit échantillon de graphène. Même obtenu d'une manière aussi rudimentaire et encore enduit de colle, ce cristal, constitué d'une seule couche d'atomes de carbone, possède certaines propriétés électroniques supérieures aux meilleurs semi-conducteurs en silicium fabriqués dans des conditions de propreté absolue. Rien que pour cela, la découverte d'un tel matériau mérite le prix Nobel de physique.

C'est d'ailleurs ce qui s'est passé. En 2010, Andre Geim et Konstantin Novoselov, de l'Université de Manchester, ont reçu la haute récompense suédoise pour avoir, seulement six ans auparavant, isolé (à partir du graphite et avec un ruban adhésif), identifié et caractérisé le graphène. Depuis, sans attendre, plusieurs équipes des principales institutions de recherche suisses (Université de Genève, Ecoles polytechniques de Lausanne et de Zurich, Empa, notamment) se sont lancées dans cette voie



de recherche et commencent à s'organiser au niveau national. Elles sont également très présentes dans les projets européens, l'initiative phare « Graphène » de l'UE notamment.

Premier cristal stable

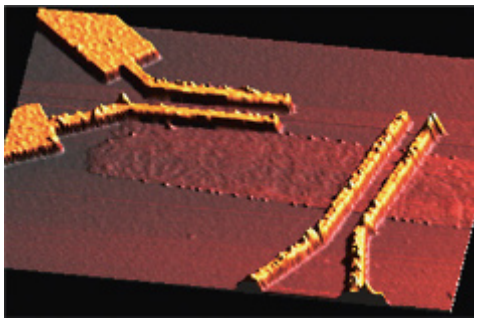
Il faut dire que le graphène a de quoi enflammer les esprits des physiciens. Pour ce qu'il représente d'abord : c'est le premier cristal bidimensionnel connu qui soit stable à température ambiante. Les physiciens ont longtemps cru un tel objet impossible. Selon eux, une monocouche d'atomes est instable et, passé une certaine taille, même très petite, elle ne peut que se replier ou s'agglomérer. Le graphène leur a donné tort. L'entreprise Samsung en fabrique d'ailleurs depuis quelques années par mètre carré. Même si la qualité de la production n'est pas encore optimale, elle progresse sans cesse.

Ensuite, la monocouche de carbone se profile comme le matériau du futur par excellence. Il n'existe rien de plus fin, son épaisseur ne dépassant guère un tiers de millionième de millimètre. Tout en présentant une résistance à la rupture cent fois plus grande que l'acier, le graphène est également flexible et extraordinairement léger. Un hamac fabriqué dans cette matière pourrait soutenir sans céder le poids d'un chat tout en ne pesant pas plus qu'une de ses moustaches.

Une star de l'électronique

Ce nouveau matériau est aussi un excellent conducteur électrique. La mobilité de ses électrons est jusqu'à 100 fois plus grande que dans le silicium, un paramètre qui définit la vitesse de fonctionnement des transistors. La perspective de fabriquer des ordinateurs des dizaines de fois plus rapides que ceux d'aujourd'hui est pour le moins alléchante.

« Une monocouche de carbone ne se comporte pas comme un semi-conducteur, tempère toutefois Alberto Morpurgo, professeur au Département de physique de la matière condensée (DPMC) de l'Université de Genève. Il lui manque ce que nous appelons un « gap » d'énergie, une propriété de sa structure électronique qui est indispensable pour le rendre isolant à volonté et contrôler ainsi le passage d'un courant électrique, comme le font les transistors classiques. »



Vue d'un transistor au graphène grâce à un microscope à force atomique à balayage. Image : Courtesy of Alberto Morpurgo

Le chercheur genevois, qui travaille depuis plus de six ans sur le graphène, a néanmoins montré en 2008 qu'en superposant deux couches de ce cristal et en appliquant un champ électrique perpendiculaire, on obtient l'ouverture d'un gap. Celui-ci n'est pas encore assez grand pour une réelle application dans l'électronique, mais c'est un début.

« Bien que des premières applications soient déjà envisagées à court et moyen terme, la recherche sur le graphène est encore largement dans sa phase exploratoire, rappelle Alberto Morpurgo. Pour l'instant, mon laboratoire s'intéresse, par exemple, au comportement électronique du matériau lorsqu'on change le substrat sur lequel il est déposé. Nous effectuons également des mesures sur des monocouches en suspension, sans substrat du tout. »

Les électrons, confinés dans deux dimensions, se comportent d'ailleurs de manière surprenante. Les équations qui décrivent leur déplacement sont les mêmes que celles qui régissent les électrons se mouvant à une vitesse proche de celle de la lumière. Du coup, il est possible d'étudier certaines propriétés de ces particules élémentaires sans forcément passer par les grands accélérateurs du CERN.

Finalement, le graphène surprend aussi dans le domaine de l'optique. « Il est quasi transparent, note Alexey Kuzmenko, maître d'enseignement au DPMC. Il n'absorbe que 2,3% de la lumière. Ce taux est d'ailleurs indépendant de la longueur d'onde. Du coup, on peut envisager de l'utiliser dans une très grande plage électromagnétique, du visible à l'infrarouge lointain. »

Alexey Kuzmenko a montré qu'il est possible de modifier les propriétés optoélectroniques du graphène à l'aide de champs électriques ou magnétiques. Dans certaines conditions, ce nouveau matériau voit ainsi son coefficient d'absorption changer pour de petites plages de longueur d'onde. En 2011, l'équipe du chercheur genevois a aussi observé sa capacité à modifier la polarisation de la lumière. L'effet, très difficile à obtenir avec d'autres matériaux, est même jugé « impressionnant ».

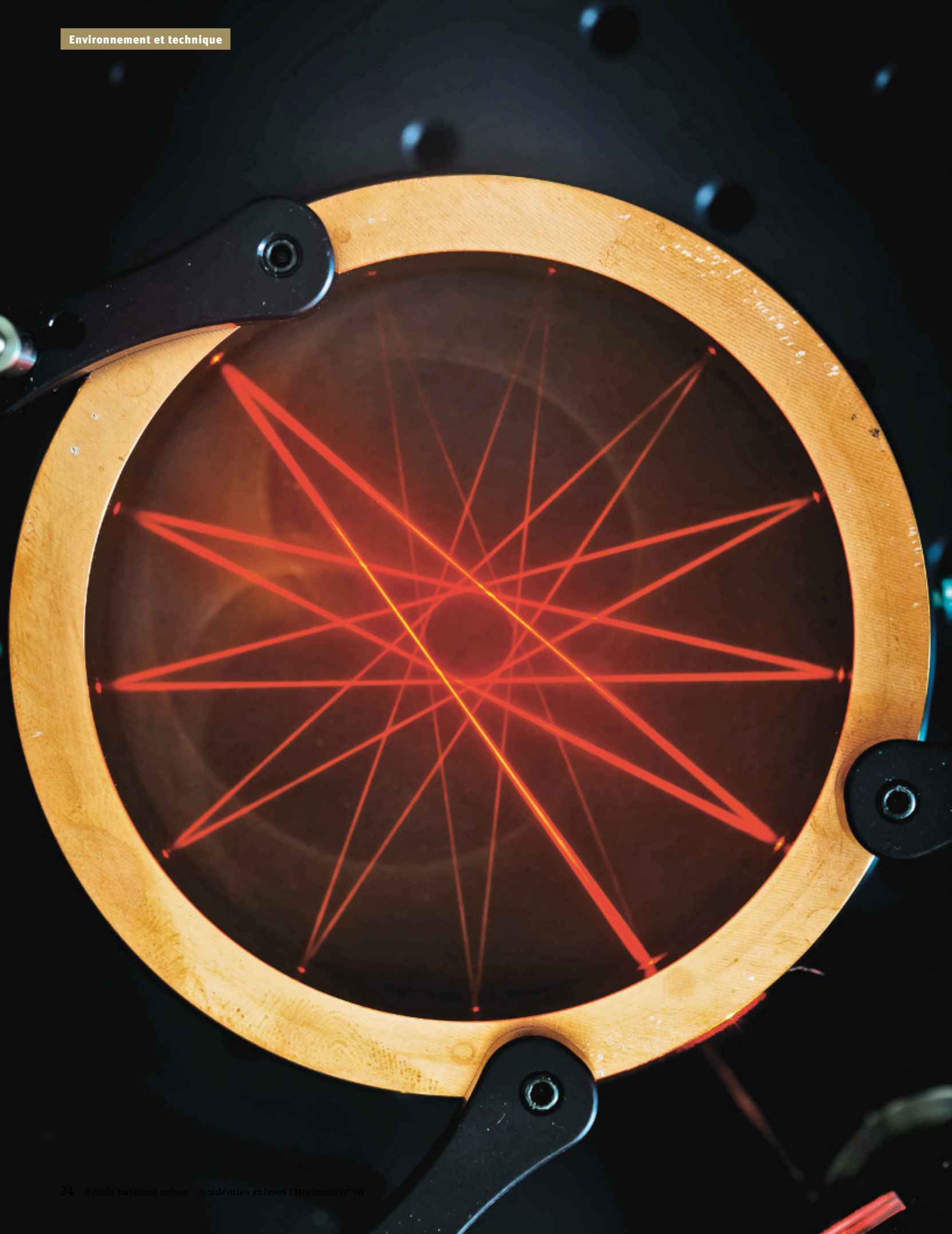
« Ces propriétés optoélectroniques uniques ouvrent la porte à des applications dans un grand nombre de domaines : communication sans fil, lasers, biosenseurs, etc. », énumère Alexey Kuzmenko.

Alternative intéressante

C'est toutefois dans les écrans que le graphène pourrait bien trouver sa première utilité. La couche qui recouvre les pixels d'un écran à cristaux liquides doit en effet être conductrice et transparente. Le matériau utilisé actuellement est l'oxyde d'indium-étain. L'indium, essentiellement produit en Chine, est rare et l'élément devient de plus en plus cher. Le graphène représente donc une alternative intéressante, ce d'autant plus qu'il est flexible, contrairement à l'indium-étain.

Cela dit, ses propriétés sont si diverses que les ingénieurs et techniciens imaginent des applications dans des domaines aussi variés que les cellules photovoltaïques, le stockage d'énergie, les peintures, les revêtements, l'encre imprimable conductrice, etc. A l'heure actuelle, il n'existe qu'un objet potentiellement commercialisable contenant cette nouvelle matière. Il s'agit d'un siège de voiture chauffant développé par le groupe BASF et qui exploite une vertu qui n'a pas encore été mentionnée : l'exceptionnelle conductivité thermique du graphène.

Représentation d'un nanoruban de graphène. A droite de l'image, visualisation au microscope à effet tunnel. Image : Empa



Nouvelle cellule de mesure des gaz traces. Ses parois réfléchissent plusieurs fois le rayon laser. Ce qui lui confère une sensibilité particulièrement élevée. Photo : Empa

Un laser qui a du flair

Un vaste projet vise à concevoir un détecteur de pollution portable et ultra-sensible. Grâce à l'invention d'un chercheur genevois.
Par Daniel Saraga

Il y a près de vingt ans, le physicien genevois Jérôme Faist inventait un nouveau laser lors d'un séjour aux Laboratoires Bell, aux Etats-Unis. Aujourd'hui, le chercheur veut utiliser ce « laser à cascade quantique » pour fabriquer un dispositif d'analyse chimique portable pouvant détecter simultanément des molécules différentes et en très faible concentration.

« La spectroscopie permet d'identifier une entité chimique grâce à l'absorption de la lumière, explique Jérôme Faist, qui dirige le groupe d'optoélectronique quantique à l'EPFZ. Chaque molécule vibre avec une fréquence qui lui est propre et absorbe la lumière à une longueur d'onde bien précise. » Avec son rayonnement puissant, un laser peut détecter des concentrations de molécules bien plus faibles qu'avec des spectromètres traditionnels, qui utilisent une lumière polychromatique peu intense et qui sont également difficiles à miniaturiser.

« Les lasers fabriqués à l'intention des télécoms sont bon marché, mais leur longueur d'onde est trop courte pour la plupart des molécules environnementales importantes telles que le CO_2 ou le méthane, qui se trouvent toutes dans l'infrarouge moyen », souligne le physicien. Le laser à cascade quantique possède la bonne fréquence, et celle-ci peut, de plus, être facilement modulée, ce qui permet de balayer plusieurs longueurs d'onde – un point essentiel pour une utilisation en spectroscopie.

Dispositif unique

Mieux encore, une récente publication de Jérôme Faist dans la revue *Nature* a montré que le laser est susceptible d'être optimisé pour posséder un « peigne » de fréquences équidistantes, capable de pouvoir adresser plusieurs sortes de molécules différentes en même temps. L'avantage : imaginer un dispositif unique au lieu de devoir s'encombrer de plusieurs appareils pour chaque molécule étudiée.

Le physicien coordonne un consortium créé dans le cadre de Nano-Tera.ch, une initiative lancée par le parlement pour développer de nouveaux outils grâce à la nanotechnologie. L'EPFL a fabriqué un préamplificateur pour le laser, l'Empa une capsule d'interaction qui piège la lumière afin d'intensifier son interaction avec les molécules de gaz, alors que l'Université de Neuchâtel développe les détecteurs. « Dans un projet aussi concret, les différents composants ne doivent pas forcément être parfaits, souligne le physicien. C'est l'efficacité finale qui compte. » La puissance du laser, par exemple, permet de compenser l'efficacité réduite de nouveaux détecteurs élaborés sans faire appel aux matériaux standards (mercure, cadmium, tellure), qui sont des éléments polluants.

Les chercheurs veulent désormais miniaturiser les premiers prototypes et travaillent sur un senseur de pollution susceptible d'être installé sur les bus des transports publics. Ce genre de spectromètre s'avérera également précieux dans l'étude de l'effet de serre, car il permet de distinguer différents isotopes et ainsi de déterminer l'origine du CO_2 atmosphérique : utilisation récente de combustible fossile ou libération du gaz stocké dans les océans. Un tel senseur pourrait aussi être employé en médecine, car une analyse isotopique du CO_2 du souffle permet de diagnostiquer une infection bactérienne lors d'un ulcère gastrique. « Avec les fibres optiques, la photonique a fortement participé à la révolution des télécoms, glisse le chercheur. Mon but, c'est de voir ce qu'elle est de nature à apporter dans d'autres domaines. »

L'«urban mining» a de l'avenir. Les huit millions de téléphones portables mis au rancart en Suisse contiennent 336 kilos d'or (déchets dans une usine d'incinération, 2013). Photo : Valérie Chételat

La mine d'or des déchets

La Suisse n'a pas de matières premières ? Son sol recèle pourtant des gisements qu'il vaudrait la peine d'exploiter. Mais les ressources déjà en circulation sont probablement plus intéressantes encore.

Par Roland Fischer

L'argument est archiconnu : la Suisse n'a pas de matières premières, elle doit donc miser sur d'autres vertus, comme l'expertise et l'innovation. Mais à y regarder de plus près, les choses sont plus complexes. Certes, la Suisse n'a ni tours d'extraction pétrolières ni mines de pierres précieuses. Mais de là à parler d'un pays sans matières premières ? « La mine de fer du Gonzen (Sargans SG) s'est déjà adjugé les droits d'extraction pour septante-cinq ans de plus, apparemment il y a encore assez de minerai », note Rainer Kündig, expert en matières premières de la Commission suisse de géotechnique. Fer, manganèse, or : la Suisse possède des gisements, qu'il vaudrait la peine d'exploiter, affirme-t-il.

Dans les faits, les ressources minières les plus exploitées sont peu spectaculaires : ce sont les roches et la terre, destinées à la construction et à la fabrication de ciment, qui fondent la tradition suisse. Un goulot d'étranglement pourrait bien se dessiner dans ce domaine, moins lié à une diminution des réserves qu'au renforcement des directives écologiques et à la progression de l'environnement construit. Ainsi, une partie du ballast pour le rail doit déjà être importé. Le fait que les réserves disponibles en Suisse soient à peine exploitées est surtout lié à des obstacles juridiques, importants et donc coûteux. Toutefois, dans le domaine des matières premières également, une conscience de type « commerce équitable » est en train d'émerger, avec des consommateurs prêts à payer plus pour des produits issus de matières premières non problématiques. Dans ces conditions, la Suisse pourrait se retrouver pays producteur.

Gisements substantiels

Certains experts estiment que l'exploitation de gaz naturel y est possible. Ces dernières années, de nombreuses études ont mis en évidence l'existence de gisements substantiels : 50 à 100 milliards de mètres cube (la consommation annuelle s'élève actuellement à 3,5 milliards de mètres cube). Au cours des prochains mois, l'entreprise britannique Celtique Energie entreprendra des forages d'essai dans le Val-de-Travers. Quant à savoir si l'exploitation de ces gisements est politiquement défendable, c'est une autre question. « Actuellement, le plus grand obstacle est l'absence de scrupules écologiques aux Etats-Unis, affirme Rainer Kündig. Si les prix du gaz baissent, l'extraction en Suisse n'en vaut pas la peine. » Mais à long terme, cela pourrait changer.

Au niveau politique, il n'y a pas que les incitations économiques qui jouent un rôle. Ces derniers temps, la volonté de ne plus dépendre autant de l'importation des matières premières se fait sentir. Les terres rares sont un exemple de ce souci : dans le secteur de l'électronique, elles sont incontournables. On n'en trouve quasiment pas en Suisse, et la Chine est le principal fournisseur.

Une nouvelle pratique est toutefois de nature à désamorcer la situation : l'« urban mining » ou l'exploitation minière dans les zones urbaines. Ce terme désigne la recherche de gisements dans les décharges et autres réserves de matériaux comme les gravats. Récemment, l'Empa a calculé que 336 kilos d'or sommeillaient dans les quelque huit millions de téléphones mobiles mis au rancart en Suisse. L'« urban mining » n'est donc rien d'autre qu'un recyclage perfectionné. Les scories issues de l'incinération des déchets recèlent encore de précieux matériaux. C'est ce que montrent des installations qui passent actuellement de la phase de test à l'exploitation quotidienne, comme l'usine d'incinération de l'Oberland zurichois. Le site devrait produire chaque année près de 100 kilos d'or et plusieurs tonnes d'aluminium : un modèle lucratif. Selon Patrik Geisselhardt, directeur de Swiss Recycling, une optimisation des circuits pourrait permettre à la Suisse d'accéder à une autonomie partielle.

Pionnier dans le domaine de l'« urban mining », notre pays est même susceptible de devenir exportateur de matières premières, s'il réussit à transformer en or les déchets des pays voisins. Au niveau technique, les installations nécessaires sont complexes, d'où la nécessité d'une perspective internationale, notamment dans le cas des terres rares, explique Patrik Geisselhardt. Même si le principe reste le suivant : exploiter les déchets là où ils sont produits.

Rainer Kündig, avons-nous encore besoin, aujourd'hui, d'une supervision étatique des matières premières ?
Plus que jamais. L'utilisation de matières premières et des éléments qu'on en tire est complexe. Les effets de couplage sont de plus en plus forts. Le fait de ménager un élément peut entraîner une détérioration de la situation pour d'autres.

De quelle ouverture l'économie fait-elle preuve dans le partage de ses données ?
Les entreprises sont parfois avares, surtout pour les matières premières fossiles et les données de forage. Mais dans l'ensemble, les informations que nous recevons sur l'ampleur des gisements sont correctes.

Avec l'expression « urban mining », n'y a-t-il pas tromperie sur la marchandise ? Après tout, on ne fore pas dans la terre.
C'est vrai, mais l'expertise géologique reste très demandée. Les scories des usines d'incinération traversent des processus similaires à la lave volcanique. Les géologues peuvent largement contribuer à faciliter l'accès aux éléments.

Quel est le potentiel de l'« urban mining » ?
Les experts sont partagés. Pour certains, la contribution des déchets à l'extraction des matières premières ne sera pas substantielle. D'autres pensent que l'exploitation des gisements dans la croûte terrestre sera bientôt terminée. La vérité se situe probablement entre les deux.

Qu'est-ce qui change du point de vue scientifique ?
Il faut considérer comme équivalentes les réserves primaires, fraîchement extraites, et les réserves secondaires, obtenues à partir des déchets. La question est de savoir quelle source de matières premières est la plus indiquée pour telle application, avec un bilan écologique et social optimal.

Lire les photos comme des cartes

Un nouveau logiciel permet de coupler les photos à des données cartographiques numériques, et ainsi d'extraire des informations géographiques. Pour la recherche, ce procédé donne une nouvelle valeur aux photos historiques. Par Roland Fischer

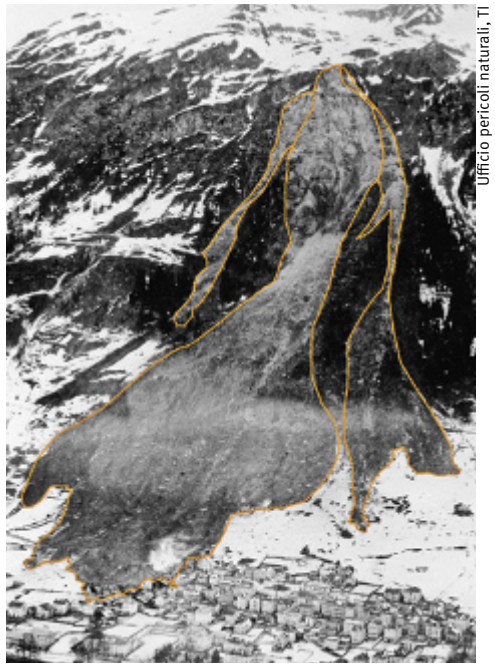
C'est un phénomène que tout le monde connaît : suivant la perspective choisie, un paysage apparaît tout différent. Ce qui trouble quelques instants le promeneur représente un problème méthodologique majeur pour un géographe en train d'établir une carte. A cet égard, les photos constituent une aide précieuse, et les cartographes y recourent depuis les débuts de la photographie. Mais le référencement exact du cliché utilisé est essentiel: il doit s'intégrer dans une grille prédéfinie. Jusqu'ici, pour pouvoir exploiter des informations spatiales, il fallait disposer de prises de vue stéréoscopiques, c'est-à-dire réalisées depuis deux points de vue différents. Conséquence : pour les géographes d'aujourd'hui, d'importantes archives de photos restent inutilisables, car il est presque impossible de les traduire en données cartographiques. Or, toutes ces informations dormantes permettraient théoriquement de mettre en évidence les modifications intervenues dans le paysage.

Modèle mathématique

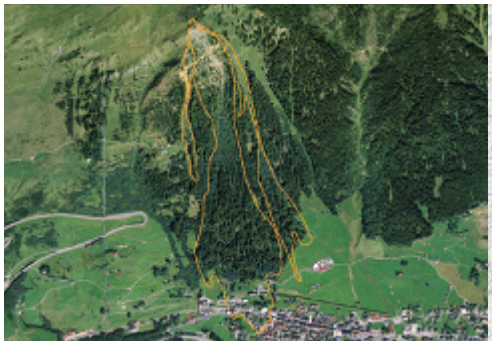
Un groupe de travail emmené par Claudio Bozzini, de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL) à Bellinzone, a mis au point un logiciel qui réussit le tour de force de géoréférencer les photos de paysage, de manière à les rendre traduisibles en données cartographiques. Les principaux points de référence sont identifiés sur le cliché, puis couplés aux coordonnées numériques correspondantes. A partir de ces points, l'ordinateur calcule l'endroit où se trouvait l'appareil et son orientation, avant de produire un modèle mathématique des paramètres de prise de vue (type et réglages de l'appareil). Ensuite, des coordonnées numériques sont attribuées à de nombreux autres points de la photo. Cette dernière est en quelque sorte montée sur le modèle cartographique informatique. A partir de là, les informations visibles sur la photo (limites de la forêt, cours d'eau, chemins) peuvent être facilement reportés sur la carte. Les changements de végétation et la culture du sol seront eux aussi aisément évalués.

Les applications de cette technologie sont nombreuses. Elle permet de reconstituer plus facilement et plus précisément que jusqu'ici les retraits des glaciers sur la base d'anciennes photos et cartes postales. Ces vieux clichés sont également susceptibles de jouer un rôle important dans la prévention des catastrophes naturelles. En documentant des glissements de terrain et des avalanches, ils fournissent des indications sur les zones dangereuses.

L'applicabilité de la méthode est aussi à l'étude en vue d'un travail de recherche sur les écoulements des glaciers. Pour calculer les changements de quantités d'eau au cours de la journée, il suffit, grâce au logiciel, de photographier régulièrement les écoulements et d'utiliser les données numériques afin de mesurer avec précision le niveau de la surface de l'eau.



Ufficio pericoli naturali, TI



swisstopo

Photo de l'éboulement d'Airolo en 1898 (en haut). La zone de dépôt est marquée sur un cliché effectué avant l'événement (à gauche), puis reportée sur une carte pixelisée (en bas à droite) et une orthophoto (en bas à gauche).

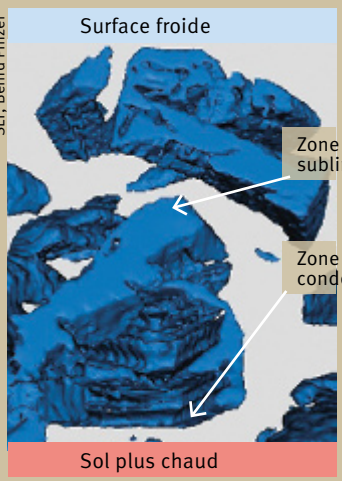
Les nombreuses vies des cristaux de neige

La neige a d'excellentes capacités d'isolation thermique. De ce fait, la différence de température entre la neige en contact avec l'atmosphère et celle au contact du sol peut atteindre plusieurs dizaines de degrés Celsius. Ce fort gradient de température entraîne un flux de vapeur d'eau provenant de la sublimation – soit le passage direct de la phase solide à la phase gazeuse – des cristaux de neige. Ce phénomène entraîne une métamorphose de la neige, qui voit la structure de ses grains évoluer au cours du temps.

Jusqu'à présent, la communauté scientifique pensait que certains cristaux disparaissaient par sublimation et que la vapeur ainsi libérée permettait à d'autres cristaux de croître. Des chercheurs de l'Institut pour l'étude de la neige et des avalanches et de l'Institut Paul Scherrer viennent d'infirmer cette théorie. En plaçant un échantillon de neige soumis à un gradient thermique durant plusieurs jours dans un tomographe, ils ont réalisé des « time-lapses » de la structure de la neige et observé son évolution en quatre dimensions (dimensions spatiales plus temps). Leurs constatations montrent que les cristaux de neige ne se cannibalisent pas, mais se forment et disparaissent continuellement, si bien que 60% des cristaux sont renouvelés quotidiennement.

La compréhension de la métamorphose et de l'évolution du manteau neigeux est capitale pour une meilleure prévision des avalanches. En effet, les cristaux métamorphosés sont, de par leur forme, peu liés entre eux. Ils créent des couches fragiles sur lesquelles peuvent se former de dangereuses plaques à vent. *pm*

SLF, Bernd Pinzer



Les cristaux de neige se forment et disparaissent continuellement.

Lukas Baumgartner

Les intrusions de roches ignées sont bien reconnaissables à leur couleur plus claire.

L'énigme des Torres del Paine décodée

Témoin exceptionnel du volcanisme d'arc, le massif des Torres del Paine, en Patagonie chilienne, résulte de l'enfoncement – subduction – de la plaque de Nazca sous la plaque sud-américaine. Outre les volcans, il faut aussi compter avec les intrusions de roches ignées qui progressent depuis les chambres magmatiques, mais restent bloquées en profondeur, jusqu'à ce que l'érosion finisse par les dévoiler au grand jour, comme aux Torres del Paine. Des géologues de l'Université de Lausanne fréquentent ces lieux depuis 1999. Ils les ont arpentés en tous sens (notamment avec l'aide d'alpinistes) afin de récolter des échantillons, d'en étudier minutieusement la géochimie et d'en effectuer la datation. Grâce à ces analyses, on parvient à établir les liens de parenté entre les différentes roches, déterminer la chronologie de leur mise en place et résoudre les problèmes géométriques posés par l'intrusion de 88km3 de magma dans la roche déjà en place. Les chercheurs ont ainsi réussi à reconstruire l'histoire magmatique de ce lieu à la beauté unique : il y a 12,6 millions d'années, deux premiers magmas différents, l'un granitique, l'autre plus basique, se sont mis en place. Ensuite, deux nouveaux magmas granitiques sont montés pour se coincer sous le premier. Finalement, c'est un magma basique qui a fait son chemin vers la surface, crevant le premier qui n'était pas encore froid pour s'installer au-dessus de lui. Tout cela s'est passé très vite, en quelque 150 000 ans. *Pierre-Yves Frei*

Diagnostic plus rapide du cancer du sein

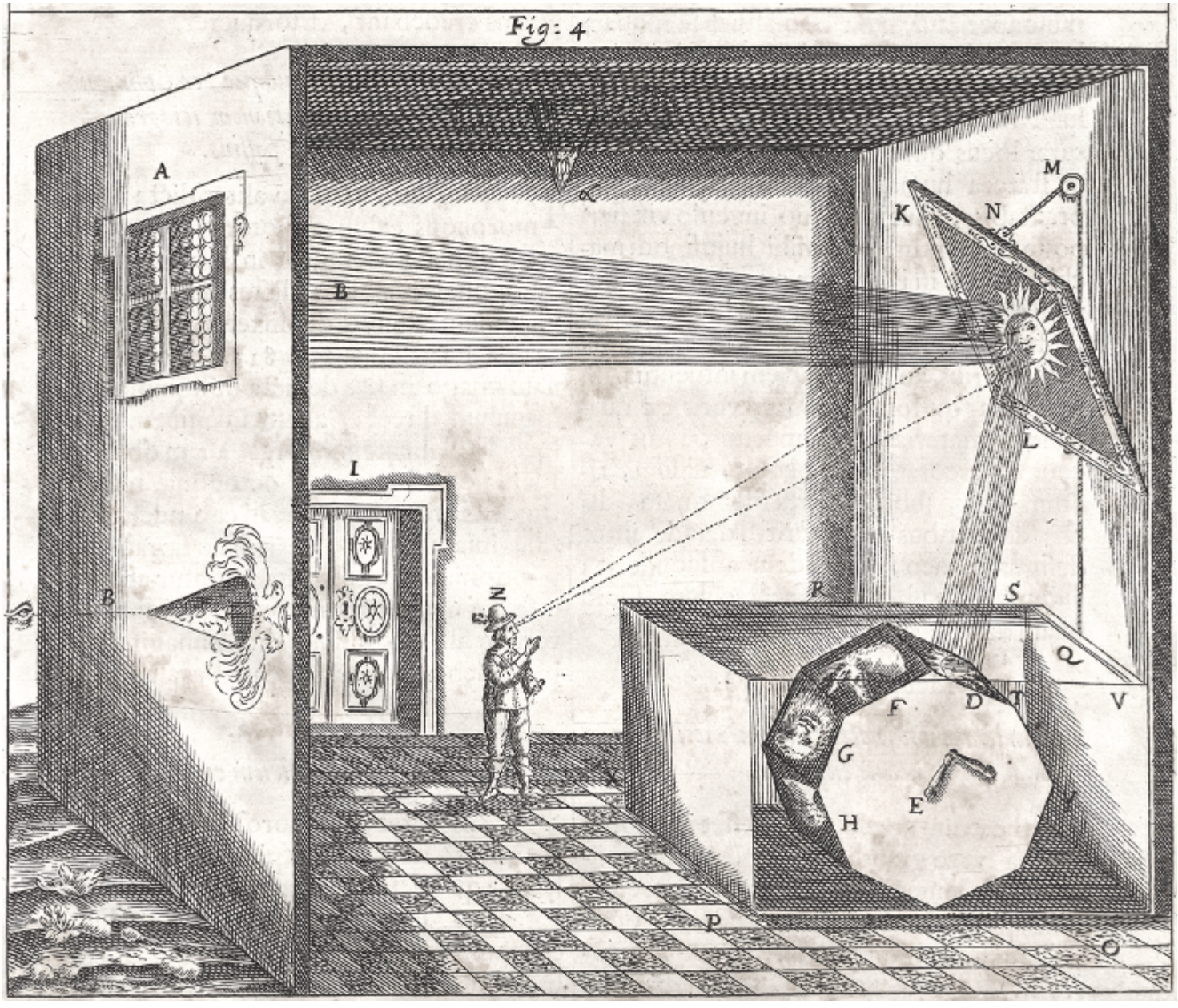
Environ 5500 femmes contractent chaque année un cancer du sein en Suisse. Alors que de grands progrès ont été réalisés dans les traitements, un diagnostic précoce et fiable est encore difficile à établir. Marko Loparic, Marija Plodinec et le professeur de nanobiologie Roderick Lim, du Biozentrum de l'Université de Bâle, ont mis au point, en collaboration avec la firme Nanosurf, un procédé qui pourrait fortement simplifier et améliorer ce diagnostic. Il est basé sur la technique de la microscopie à force atomique. Une pointe de quelques nanomètres seulement sonde la fermeté de la surface des cellules du tissu testé, cela sur plus de 10000 points de mesure. La répartition des valeurs recensées permet de déterminer la nature de l'échantillon analysé. Alors que les tissus sains et les tumeurs bégnines affichent un profil de fermeté homogène, dans les tumeurs malignes, la structure est très hétérogène. Ce sont notamment les zones molles, que l'on ne trouve pas sous cette forme dans les tissus sains, qui jouent un rôle important dans le diagnostic. Ce nouveau test a aussi l'avantage de ne durer que quatre heures, contre une semaine pour la méthode conventionnelle de l'histologie. La technique doit maintenant continuer à être développée pour trouver une application pratique.
Felix Würsten

Evi Bieler, Marija Plodinec, Rod Lim, Artwork: Martin Oeggerli/Micronaut© 2012

Les caractéristiques d'une cellule cancéreuse sont analysées grâce à la microscopie à force atomique.

Au début des temps modernes, le miroir était au centre du savoir scientifique et religieux. Les savants construisaient d'époustouflantes machines pour régaler et éduquer le public. Quant aux jésuites, ils s'en servaient pour leur propagande.
Par Urs Hafner

Machines merveilleuses et édifiantes



Il n'est pas sûr que la «machine à métamorphoses» ait vraiment existé. A elle seule, sa représentation a néanmoins déjà fasciné les esprits de l'époque. Gravure sur cuivre figurant dans l'«Ars magna lucis et umbrae» d'Athanasius Kircher (Amsterdam 1671).

Image : Athanasius Kircher, Ars magna lucis et umbrae, Amsterdam, 1671. Bibliothèque centrale de Zurich, vol. ZZ 86

Les visiteurs qui ont assisté à ce spectacle, sans doute dans une demeure seigneuriale, ont dû être abasourdis. Il leur suffisait de regarder dans le grand miroir fixé de biais au plafond, depuis un point particulier de la pièce, pour voir leur propre tronc tour à tour surmonté d'une tête d'âne, de bœuf ou de faucon : le miroir métamorphosait les membres de l'assemblée. Alors que certains se délectaient de ce surprenant effet, d'autres prenaient peur : des forces obscures étaient-elles à l'œuvre ?

Après la représentation, le maître de maison venait expliquer à ses invités le mécanisme de sa « machine à métamorphoses ». Les têtes d'animaux, qui se succédaient dans le miroir incliné, étaient peintes sur un tambour rotatif, dissimulé dans une caisse posée sur le sol. Le miroir fusionnait donc la silhouette du spectateur avec l'image de l'animal, en plaçant la seconde sur la première. Divertis et instruits à la fois, les hôtes ont probablement discuté de ces insolites effets d'optique ; certains se sont peut-être même plongés dans un débat philosophique sur le plan divin de la Création, qui avait épargné un groin de porc à l'être humain.

Lumière et ombre

Il n'est pas certain que cette représentation ait vraiment eu lieu. Et il n'est même pas sûr que la « machine à métamorphoses » ait vraiment existé. Elle figure, illustrée et expliquée, sous la forme d'une gravure sur cuivre dans l'« Ars magna lucis et umbrae » [Le grand art de la lumière et de l'ombre] d'Athanasius Kircher, publié en 1671. Ce jésuite allemand, un savant universel, vivait à Rome. Et comme certains de ses contemporains – Giovanni Battista Della Porta, Gaspar Schott et Jean François Niceron – il se consacrait intensément à la catoptrique, soit à l'art ou à la science de la réflexion.

On n'opérait pas de distinction fondamentale entre les deux concepts, explique Marie Theres Stauffer, historienne de l'art et professeure boursière du FNS à l'Université de Genève. En effet, la science de la réflexion était considérée comme un art, car elle était difficile. Dans le cadre de ses travaux, la chercheuse étudie la discipline physique presque oubliée de la catoptrique, qui représente le début de l'histoire de l'image animée. On lui doit également de nombreuses impulsions, qui se sont répercutées dans l'architecture des palais. Elle a ainsi ouvert la voie aux salles et autres galeries des glaces, telle celle du château de Versailles.

Miroirs ardents d'Archimède

La catoptrique fait partie de l'optique, et elle était déjà pratiquée pendant l'Antiquité. Ptolémée a ainsi étudié la réflexion, la réfraction et les couleurs de la lumière. Les miroirs ardents, grâce auxquels Archimède aurait réussi à concentrer la lumière du soleil pour la diriger sur les vaisseaux romains et leur bouter le feu, sont légendaires, eux aussi. Mais contrairement à la physique dans l'Antiquité, la catoptrique, telle que la pratiquaient Athanasius Kircher et d'autres aux XVIe et XVIIe siècles, avait une connotation aussi bien esthétique que religieuse, souligne Marie Theres Stauffer. C'est par là que la catoptrique de l'époque baroque se différencie de l'organisation moderne du savoir qui fait la distinction entre art, science et religion. Aujourd'hui, chaque domaine obéit à ses propres lois.

La catoptrique a trouvé sa plus grande diffusion dans les livres savants, comme l'« Ars magna lucis et umbrae » d'Athanasius Kircher, au tirage très élevé. Le lecteur pouvait y admirer différentes machines à miroirs. La plupart d'entre elles étaient des caisses parallélépipédiques ou polygonales dont l'intérieur était équipé de glaces. Lorsqu'on y glissait sa tête et que l'on bougeait l'image ou l'objet monté à l'intérieur, le spectacle offert était insolite et somptueux, selon les témoignages de l'époque. Certains engins ont été uniquement décrits de façon théorique, d'autre construits et présentés.

Etude des lois de la physique

D'un côté, les savants se consacraient à la science de la réflexion pour poursuivre l'exploration des lois de la physique traditionnelle, les machines permettant une étude expérimentale de ces dernières. De l'autre, ils voulaient instruire le public et affûter son regard, tout en le surprenant. Marie Theres Stauffer parle de « divertissement aristocratique ». La noblesse, qui ne travaillait pas, cultivait la catoptrique en société, dans l'ambiance festive et conviviale des cabinets savants, à la manière de la chasse. Education et divertissement allaient de pair.

Enfin, les savants, parmi lesquels se trouvaient un nombre frappant de jésuites, utilisaient la catoptrique comme un moyen de propagande religieuse et d'instruction. Dans le cadre de représentations théâtrales, ils faisaient projeter par des machines des scènes du purgatoire sur de la fumée. Il s'agissait ainsi d'effrayer les spectateurs et de les amener à la piété catholique. Contrairement au public des cabinets, on ne les éclairait pas sur les mécanismes de l'illusion. Mais les nobles devaient, eux aussi, être au moins incités à réfléchir au rapport entre l'acte créatif humain et l'acte créatif divin, pour finalement reconnaître la supériorité et la toute-puissance de Dieu. Lorsque la boîte catoptrique réfléchissait à l'infini de somptueuses images de jardins, le spectateur devait en conclure que les portraits faits de main d'homme étaient éphémères comparés à l'œuvre de Dieu.

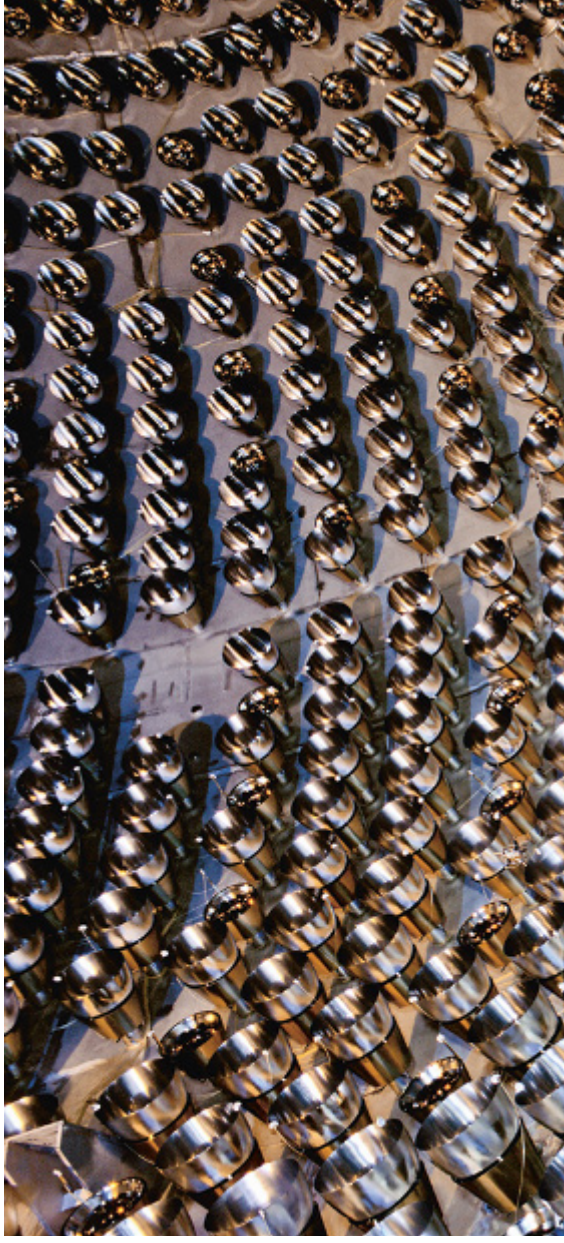
Propagande jésuite

Le fondement religieux de la catoptrique, telle que la pratiquaient les jésuites, s'exprimait dans leur conception du miroir, explique l'historienne de l'art. Sur le frontispice du livre d'Athanasius Kircher, on découvre ainsi un miroir, tenu par une lune anthropomorphique, qui reflète la lumière du soleil. Cette gravure sur cuivre n'explique pas seulement l'interaction lumineuse entre le soleil et la lune. Comme le miroir réfracte la lumière du soleil, d'origine divine, il se voit doté, lui aussi, d'une qualité divine. Par ailleurs, dans la culture catholique, le miroir était considéré, dans sa pureté transparente, comme le symbole de la Vierge Marie.

Fait peu surprenant, c'est dans les cercles protestants que l'on trouvait souvent les adversaires de la catoptrique. Ces derniers voyaient les plaisirs liés à ces tours de magie et à ces jeux de miroirs mystérieux d'un mauvais œil. Il suffit de considérer l'organisation actuelle des sciences pour comprendre qu'ils se sont clairement imposés.

L'incertitude n'est pas une faiblesse

Des neutrinos plus rapides que la lumière ? La nouvelle s'est dégonflée causant, selon certains critiques, un immense préjudice à la science. En réalité, celle-ci aurait besoin de davantage de révélations de ce type. Par Marcel Falk



L'an dernier, des neutrinos, apparemment capables d'aller plus vite que la lumière – et qu'Albert Einstein – ont beaucoup excité l'imagination des journalistes et des lecteurs. Etait-on à la veille d'une révolution de paradigme ? Mais le soufflé s'est dégonflé: les neutrinos ne sont pas plus rapides que la lumière. Après des mois d'enquête, les chercheurs ont fini par découvrir un câble qui n'avait pas été correctement branché.

Câble mal branché

« Les gens veulent croire », analyse Antonio Ereditato, physicien à l'Université de Berne, ancien porte-parole de l'expérience OPERA. En septembre 2011, c'est lui qui communiquait la découverte d'une « anomalie », en novembre sa soi-disant confirmation et en février, la découverte de l'erreur, liée au câble mal branché. Antonio Ereditato avait beau refuser de spéculer sur l'avènement d'une nouvelle physique, souligner l'importance de la vérification des résultats, l'opinion publique se grisait de ce duel avec Einstein. « Dans les médias, vous passez directement du top au flop », explique-t-il. Le lendemain de l'annonce de l'erreur de mesure, le physicien démissionnait de son poste de porte-parole.

Cet épisode a-t-il porté préjudice à la science ? Les chercheurs ont-ils communiqué trop vite ? Pendant trois ans, ils ont mesuré dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso, près de Rome, la vitesse à laquelle arrivaient des neutrinos envoyés depuis le CERN, à Genève, à 730 kilomètres de là. L'analyse de ces données s'est achevée en mars 2011, raconte Antonio Ereditato : « Nous étions surpris, mais sommes restés calmes et avons mis en place une task force pour chercher les erreurs. » Mais cette dernière n'en a pas trouvé. A l'issue d'un vote, les 150 chercheurs d'OPERA ont donc décidé de publier leurs résultats, invitant les scientifiques du monde entier à traquer d'éventuels défauts. Les physiciens ont suggéré de potentielles sources d'inexactitudes, les théoriciens se sont livrés à des interprétations et les journalistes ont mis l'affaire à la Une de presque tous les médias.

Caren Hagner, de l'Université de Hambourg, a voté contre la publication : « Il y avait encore trop de choses que nous n'avions pas vérifiées », note-t-elle. La publication a-t-elle été une erreur ? « Elle a été trop rapide, répond-elle. L'ambiance était surchauffée, nombreux étaient ceux qui voulaient aller vite. Mais ce n'était pas une erreur : la majorité avait décidé. » Antonio Ereditato assume, lui aussi : « OPERA a

Un chercheur effectue des contrôles dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso. Photo : Volker Steger/Keystone/Science Photo Library

beaucoup de succès et pose des jalons méthodologiques. Quant à la procédure, elle était correcte.»

Les scientifiques sont souvent confrontés à une question : doivent-ils faire état, lors de conférences, d'éléments laissant présager de résultats spectaculaires ? Après tout, le public n'y est pas composé que de collègues concurrents mais aussi de journalistes et de blogueurs. Dans l'environnement médiatique actuel, les scientifiques peuvent-ils se permettre de publier leurs résultats qu'une fois que ces derniers sont « sûrs » ? La méthode scientifique se fonde sur la production de faits. Mais les faits scientifiques n'existent pas tels quels, attendant juste d'être découverts. Ils sont toujours empreints d'incertitude. Ce n'est que lorsqu'elles atteignent le public de la communauté des chercheurs que les observations deviennent des faits scientifiques.

Moins de récits de réussites

Antonio Ereditato a raison lorsqu'il dit que la société doit apprendre à gérer l'incertitude de la science. Mais comment ? En réalisant au quotidien que cette dernière n'est pas une faiblesse, mais que la force de la science réside précisément dans sa capacité à la gérer. Ce ne sont pas les scientifiques qui claironnent des vérités absolues mais les missionnaires et les démagogues. Il nous faut moins de récits de réussites de héros scientifiques et plus de débats et de rapports sur les processus. Si cet enseignement n'est pas nouveau, la franchise véritable est rare dans la communication scientifique et le plus souvent involontaire. Les incitations manquent, alors qu'elles ne seraient pas seulement utiles aux futurs découvreurs de neutrinos supraluminiques mais également à ceux qui doivent gérer des risques comme le changement climatique et donc à la société toute entière.

Les machinistes de la traduction

Coca, condor, puma, lama, pampa : même le français a emprunté au quechua. Pourtant, la diffusion de cette langue sud-américaine s'amenuise. Par Martin Bieri

Bilinguisme dans la ville péruvienne de Cuzco. Le nom de l'hôtel est écrit en espagnol et en quechua. Photo : Martin Volk

Le quechua est une famille de langues autochtones sud-américaines, parlées aujourd'hui par quelque dix millions de personnes dans les Andes. « A long terme, le quechua est menacé, affirme Martin Volk, professeur à l'Institut de linguistique computationnelle de l'Université de Zurich. C'est un idiome peu prestigieux, celui des classes rurales défavorisées. » Beaucoup d'enfants grandissent bilingues : le quechua est la langue de leurs parents et de leurs grands-parents, l'espagnol celle des médias, de l'enseignement et de l'ascension sociale. Martin Volk et son équipe poursuivent l'objectif suivant : rendre plus perméables les frontières entre les deux univers linguistiques et soutenir ainsi l'idiome indigène. Pour ce faire, ils mettent au point un programme de traduction automatique de l'espagnol en quechua. Il se présentera sous la forme d'un site Internet qui devrait être aussi confortable à utiliser que Google Translate.

Variante la mieux documentée

Le quechua ne s'écrit que depuis la conquête de l'Amérique latine par les Espagnols, et aujourd'hui encore, il n'existe qu'une littérature limitée, car aucune de ses variantes n'a pu s'imposer comme langue standard. L'équipe de l'Université de Zurich a choisi le quechua de la province péruvienne de Cuzco étant donné qu'il s'agit de la variante la mieux documentée.

Les systèmes de traduction automatique sont souvent basés sur des méthodes statistiques. Ils déterminent des séquences interlangues de mots en fonction de leur fréquence et comparent pour ce faire deux grands ensembles de textes. D'autres systèmes, fondés sur des règles, analysent les structures grammaticales, identifient des schémas et les représentent sous la forme d'arbres syntaxiques, qui sont alors transférés de la langue source à la langue cible. Pour la traduction de l'espagnol en quechua, seul un système à base de règles entre en ligne de compte, faute de textes parallèles dans les deux langues. Cependant, l'équipe de Zurich intègre après coup la statistique comme instrument de contrôle, combinant ainsi les deux systèmes. Par ailleurs, la paire linguistique espagnol-quechua est comparée à la paire espagnol-allemand, typologiquement plus similaire, afin de prédire l'amélioration de la qualité de la traduction si la comparabilité statistique devait augmenter. Plus il y a de textes, plus le programme s'améliore. Les linguistes zurichois collaborent étroitement avec des scientifiques de Cuzco auxquels le système sera remis pour qu'ils continuent à le développer.

Le projet comporte un autre produit important : un ensemble de textes qui seront traduits par des êtres humains et mis aussi à disposition sur Internet. « Nous montrons la langue en train d'être utilisée », explique Martin Volk. Un mot en particulier n'est pas seulement traduit mais également affiché avec son paradigme flexionnel. En termes de langage et de traduction, l'ordinateur s'approche ainsi de la compétence humaine, même si cette dernière reste bien supérieure à celle de la machine. Le chercheur ne croit pas, d'ailleurs, que cette donne changera bientôt. Mais il est convaincu que la technologie linguistique est susceptible de contribuer à renforcer une langue, en la combinant avec d'autres idiomes.

Commercialiser l'héritage culturel indigène

Ce livre est une œuvre de pionnier à l'échelle internationale. Rédigé par une vingtaine de juristes, dont trois représentants des peuples indigènes, il formule des propositions concrètes pour permettre à ces peuples de commercialiser leurs biens culturels dans le cadre de l'ordre juridique international et d'assurer ainsi leur existence.

Maoris, Aborigènes, Indiens d'Amérique du Nord et du Sud ou Inuits ont jusqu'ici été fortement pénalisés. Au début du siècle dernier, les nations coloniales estimaient que le monde entier leur appartenait. Ce qui fait que nos musées regorgent de trésors artistiques volés. Les groupes pharmaceutiques font des affaires en utilisant les savoirs des indigènes, alors que ceux-ci sont empêchés de commercialiser leurs biens. La Suisse et l'Allemagne ont ainsi interdit en 2000 tous les produits à base de kava, une plante originaire des îles du Pacifique, en raison de ses supposés risques d'atteinte hépatique. Peu de temps après, le commerce du kava, dont vivait de nombreux insulaires, s'est effondré.

Edité par Christoph B. Graber, Karolina Kuprecht et Jessica C. Lai, de l'Université de Lucerne, cet ouvrage recommande de chercher en priorité des solutions juridiques au niveau national et d'y associer les indigènes. Faire appel à l'Organisation mondiale du commerce ne serait pas réaliste, car les négociations sont bloquées, et les intérêts des peuples indigènes auraient du mal à être défendus. Des standards de certification établis sur une base volontaire pour les produits indigènes et les marques constituent une voie bien plus prometteuse. *uha*

Christoph B. Graber, Karolina Kuprecht, Jessica C. Lai (éd.) : *International Trade in Indigenous Cultural Heritage. Legal and Policy Issues*. Edward Elgar, Cheltenham, Northampton 2012, 509 p.

Wikimedia Commons

Trois femmes des Iles Samoa préparant du kava. (1890 environ).

Wikimedia Commons

L'écrivaine polonaise Eliza Orzeszkowa, photographiée en 1904.

Genre et nation

Corinne Fournier Kiss, maître-assistante de littérature française à l'Université de Berne, étudie, dans sa thèse d'habilitation, la manière dont la question féminine et la question nationale se reflètent dans l'œuvre théorique et littéraire d'écrivaines tchèques et polonaises du XIXe siècle, en particulier dans celles d'Eliza Orzeszkowa et de Karolina Světlá. L'auteure arrive à la conclusion qu'en Pologne et dans les pays tchèques, le discours en faveur de l'émancipation féminine se greffe systématiquement sur celui de l'émancipation nationale. « Les femmes les plus militantes en matière de féminisme étaient également les plus patriotes », fait-elle valoir.

Pour avoir une chance d'obtenir des droits au sein de leur société dominée par des puissances étrangères, elles n'avaient en effet pas d'autre choix que de les revendiquer en recourant à la sémantique nationale. Corinne Fournier Kiss note par ailleurs que les écrivaines polonaises et tchèques avaient une manière étonnamment similaire de combiner les problématiques féminines et nationales, ce qui n'est pas le résultat d'un hasard mais d'une étroite collaboration. « Elles correspondaient entre elles, se traduisaient mutuellement et se rendaient visite », souligne la chercheuse. La femme de lettres et féministe française George Sand les a aussi beaucoup influencées. « Elles étaient beaucoup plus proches de ses idées progressistes que ne le supposaient leurs compatriotes », précise-t-elle. *Anna Wegelin*

Trouver un langage commun

De nombreux projets de recherche ont pour but de trouver des solutions à des problèmes pratiques. Les chiffres et les diagrammes sur la dynamique des avalanches ou des chutes de pierres sont toutefois souvent difficiles à interpréter et à concrétiser sous la forme de mesures de protection. A quoi les scientifiques doivent-ils être attentifs lorsqu'ils veulent « vendre » les résultats de leurs recherches aux praticiens ? Et pourquoi cet échange peut-il échouer ?

Selon Nicole Bischof et Martin Eppler, de l'Institut de management des médias et de la communication de l'Université de Saint-Gall, le problème est souvent lié au fait que les chercheurs sont insuffisamment conscients des besoins et des motivations des gens qui travaillent dans la pratique. L'endroit choisi et la manière dont cet échange de savoir a lieu jouent un rôle important. Il est en effet rare que les praticiens fassent entendre leur voix dans les auditoires. C'est déjà un peu plus le cas lors de séminaires. Mais c'est sur les lieux de leur travail qu'un tel dialogue est le plus utile. Il serait aussi judicieux d'apprendre aux scientifiques à communiquer leurs résultats afin de pouvoir les appliquer concrètement. Dans de nombreuses disciplines, une telle formation fait toutefois encore défaut. *Simon Koechlin*

Valérie Chételat

La communication scientifique n'est pas un art facile.

« Les universités doivent entrer dans le XXIe siècle »

Martin Vetterli succède à Dieter Imboden à la tête du Fonds national suisse. Tous deux estiment que la relève académique a besoin de meilleures perspectives de carrière. Propos recueillis par Ori Schipper et Urs Hafner

Dieter Imboden, vous avez passé les huit dernières années dans le viseur de politiciens soucieux de faire des économies, de médias avides de sensationnel et de collègues critiques. Etes-vous soulagé que votre second mandat s'achève ?
Dieter Imboden (DI) : Oui, je suis heureux. Pas pour les raisons que vous citez, mais parce qu'en plus de contrecarrer la routine, le changement est bénéfique au Fonds national comme institution. Vis-à-vis des politiciens, des médias et des collègues, j'ai toujours joué cartes sur table et empoigné le taureau par les cornes. En tant que président du Conseil national de la recherche, j'ai vécu comme une espèce de sport la dispute et la quête des arguments les plus convaincants.

Martin Vetterli, y a-t-il une décision prise par Dieter Imboden dont vous lui êtes plus particulièrement reconnaissant ?
Martin Vetterli (MV) : A part sa décision de financer le Pôle de recherche national MICS auquel j'ai participé (rires) ? C'est une question difficile, je ne connais pas toutes les décisions des dernières années. Mais j'ai l'impression que le FNS a été très bien dirigé.
Vous ne voulez donc rien changer ?
MV : Au cours de ses soixante années d'histoire, le FNS a réalisé beaucoup de bonnes choses. En Europe, il s'agit probablement de la meilleure institution d'encouragement de la recherche fondamentale. Le but, pour moi, n'est pas d'opérer des changements juste parce que j'en deviens le président. Ces prochaines années, le Fonds national devra toutefois évoluer dans certains domaines, comme l'encouragement de la relève. L'instrument des professeurs boursiers a apporté d'intéressantes contributions, mais nous ne sommes pas encore là où nous devrions être.
En matière de recrutement de la relève académique, le FNS force l'allure, alors qu'il n'y a pas assez de places dans les hautes écoles.
MV : Je ne vois pas les choses ainsi. J'ai récemment participé à plusieurs entretiens

L'ancien et le nouveau président: Dieter Imboden (à droite) et Martin Vetterli (à gauche). Photos : Manu Friederich

de candidature pour professeurs boursiers. Les candidats m'ont beaucoup impressionné. Si nous leur donnons l'opportunité de faire leurs preuves en tant que chercheurs pendant quelques années, ils trouvent ensuite un poste sur le marché académique. Certains d'entre eux sont tellement bons qu'aujourd'hui déjà, ils pourraient obtenir un poste de professeur junior aux Etats-Unis. J'espère que les hautes écoles de Suisse iront puiser dans ce réservoir pour assurer leur relève. L'instrument des professeurs boursiers s'harmonise bien avec le système « tenure track » (réd. : prétitularisation conditionnelle) qui, malheureusement, n'est pas encore introduit dans toutes les universités. Il est temps que celles-ci entrent dans le XXIe siècle.

Le FNS ne peut pas prescrire aux universités les professeurs qu'elles devraient recruter.

DI : C'est exact. Mais sa mission est de donner l'exemple et d'épauler les hautes écoles dans ce processus de transformation, en cherchant à convaincre avec la ténacité nécessaire. Cela ne fonctionne que dans le consensus.

MV : Si les hautes écoles ne profitent pas d'un pool d'excellents jeunes chercheurs, mis à disposition par le FNS, elles se tirent une balle dans le pied. Car ces derniers quittent alors le pays. Les Etats-Unis attirent les jeunes talents qui réussissent, et l'Europe en paie le prix. En matière de carrière, notre continent ne leur offre pas de perspectives fiables. C'est inacceptable.

> « J'ai toujours joué cartes sur table et empoigné le taureau par les cornes. »
> Dieter Imboden

Que souhaitez-vous à la Suisse, en tant que place de la recherche ?

MV : En tant que petit pays, la Suisse doit miser sur la qualité. Pour pouvoir faire de la recherche au top niveau, il faut soigner notre terreau et aspirer à l'excellence à tous les niveaux : de l'école primaire jusqu'aux universités et aux hautes écoles. Comparé à celui des Etats-Unis, par exemple, le système scolaire suisse est en très bonne posture. Nous devons maintenir et défendre sa qualité.

DI : Je suis d'accord. La Suisse est appelée à occuper la niche de la qualité, dans la formation professionnelle également. Elle ne doit pas céder à la tentation d'augmenter le taux de bacheliers, juste parce que ce dernier est plus élevé dans les pays voisins.

Les grandes collaborations de recherche, comme les Pôles de recherche nationaux, sont régulièrement critiqués pour leur lourdeur et leurs coûts administratifs. Que répondez-vous ?

DI : Pour ses projets à long terme, le FNS investit en fin de compte moins que dans les petits projets. La question est de savoir si le rapport entre la dépense et le rendement est aussi favorable pour la communauté de la recherche. Les grands projets de recherche ne représentent pas une bonne méthode pour tous les domaines. C'est une erreur de croire que tous les problèmes scientifiques sont solubles, à condition que les personnes qui collaborent soient suffisamment nombreuses. La recherche sur le cancer constitue un bon exemple : cette maladie a beau figurer depuis des décennies en tête de l'agenda de la recherche, on ne peut rien promettre au public. Il est possible de planifier la construction d'une autoroute et d'une bombe nucléaire, mais pas la guérison de la maladie d'Alzheimer.

MV : La bombe atomique ou l'alunissage étaient d'ailleurs des projets d'ingénieurs, où il s'agissait d'appliquer un savoir exis-

tant, et non de faire émerger de nouvelles connaissances. Si elle veut attirer les esprits les plus originaux et les plus créatifs, la science ne doit pas communiquer aux jeunes une image de type « recherche à la chaîne ». L'activité de base du FNS concerne des projets de recherche individuels, et c'est bien ainsi.

«Le FNS est sans doute la meilleure institution d'encouragement de la recherche fondamentale en Europe.»
Martin Vetterli

DI : Les grands projets de recherche sont un instrument délicat. Car en réservant des fonds pour un domaine précis, vous érigez des barrières thématiques qui empêchent la concurrence entre les disciplines et donnent naissance à des jardinets où chacun ne fait prospérer que le meilleur nain de jardin. Le FNS possède lui aussi des divisions d'encouragement, qui disposent de budgets séparés, mais la répartition entre les disciplines à financer est redéfinie chaque année et tient aussi compte des nouvelles tendances.

La bureaucratisation galopante est une doléance qui revient souvent dans la bouche des chercheurs.

MV : Evidemment, personne n'est heureux lorsque les charges administratives augmentent. Mais en Suisse, on aime beaucoup se plaindre et on oublie que nous sommes privilégiés par rapport aux Etats-Unis ou aux pays qui nous entourent.

DI : La dotation matérielle actuelle d'une chaire entraîne immanquablement une bureaucratisation. Il y a cinquante ans, quand mon père était professeur de droit public, il n'avait pas de bureau à l'université. Il écrivait ses livres à la maison. Ma mère était sa secrétaire. Il n'avait jamais de formulaire à remplir, ni de demande à déposer. Il faut relever aussi que le plus gros de la charge bureaucratique n'est pas lié à la recherche mais à l'enseignement. A cet égard, la réforme de Bologne a ouvert une boîte de Pandore.

Quel est le plus grand défi que le Fonds national suisse devra relever ces prochaines années ?

MV : Le paysage européen de la recherche se transforme, et la Suisse n'est pas une île. Pour qu'elle reste en position de force, il est essentiel qu'elle continue d'investir dans la recherche. Cela finit par rapporter plus tard. Cette spirale du succès doit se poursuivre.

DI : Le sens du bien commun qui s'amenuise n'est pas seulement problématique dans le domaine politique. Le FNS, lui aussi, risque de ne plus réussir à attirer les meilleurs scientifiques dans son Conseil de la recherche. Il est important que ces derniers continuent de considérer comme un honneur de pouvoir participer au système scientifique et de pouvoir ainsi contribuer à le façonner. Au lieu de penser uniquement à leur recherche et à décrocher le prix Nobel.

Martin Vetterli

Martin Vetterli est président du Conseil national de la recherche depuis début 2013. Ingénieur en électricité, il a travaillé à la Columbia University à New York et à l'University of California à Berkeley, avant d'être appelé en 1995 à l'EPFL. De 2011 à 2012, il a été doyen de la School of Computer and Communication Sciences de l'EPFL, où il continue de diriger un groupe de recherche.

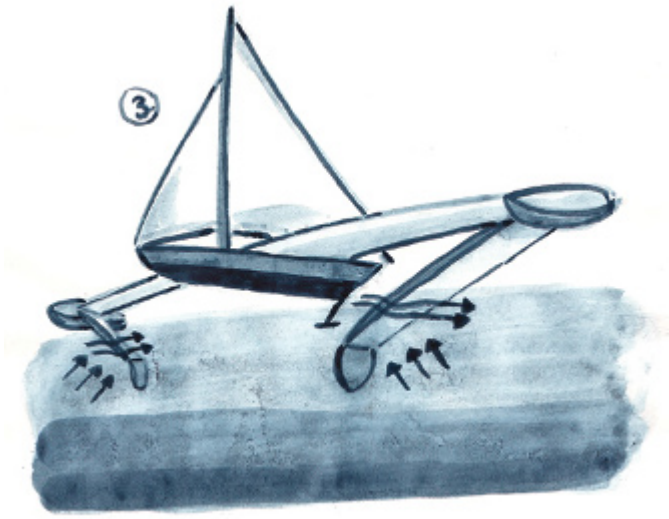
Dieter Imboden

Pendant les huit ans de ses deux mandats, dont le dernier s'est achevé en 2012, Dieter Imboden s'est engagé pour une recherche forte, en Suisse et au-delà des frontières. Professeur de physique de l'environnement à l'EPFZ, il a fondé et présidé en 2011 Science Europe, la nouvelle organisation faîtière des organismes nationaux d'encouragement en Europe.

Plus vite que le vent

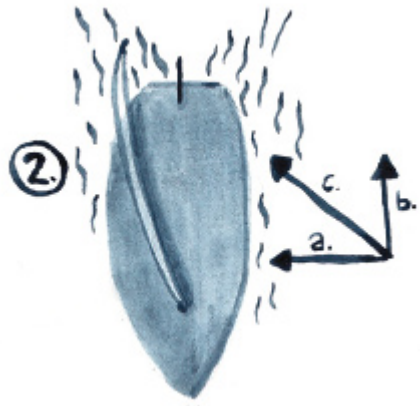
Par Philippe Morel. Illustrations de Barbara Born, Haute école des arts de Berne

Le vent ne fait que pousser les embarcations à voiles les plus simples. Dans cette configuration, impossible de dépasser Eole : une fois que le vent relatif, né du déplacement, atteint la vitesse du vent réel, leurs forces s'annulent et le bateau cesse d'accélérer. Pour aller plus vite que le vent, il faut paradoxalement l'affronter et jouer de la voile comme d'une aile. De par sa forme, celle-ci perturbe en effet l'écoulement de l'air, dont le flux est plus rapide sur l'extrados que sur l'intrados. Cela crée, comme sur un avion, un effet de portance (a.) dont une partie permet au bateau d'avancer.

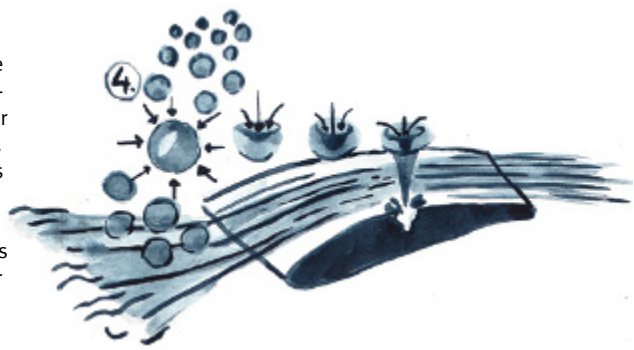


Pour franchir ce palier, la solution consiste à diminuer la résistance à l'avancement. Et comment mieux réduire les interactions avec l'eau qu'en sortant, littéralement, le bateau de l'eau ? Cela se fait au moyen de foils, sortes d'ailes subaquatiques au design plus ou moins complexe. Avec la vitesse, ces ailes soulèvent le bateau hors de l'eau, lui permettant d'accélérer encore jusqu'à un nouvel équilibre entre résistance à l'avancement et propulsion.

En utilisant ainsi les voiles, la direction du vent réel (a.) forme un angle avec la direction du bateau, et donc celle du vent relatif (b.). Ce dernier s'additionne au vent réel pour former un vent apparent (c.) plus puissant, qui permet au bateau d'aller plus vite grâce à sa propre vitesse. Mais à mesure que le bateau accélère, la résistance à l'avancement, due aux interactions de la coque avec l'eau, augmente jusqu'à ce que le voilier atteigne son allure maximale.



Des bateaux ainsi équipés peuvent atteindre une allure trois fois supérieure à celle du vent et flirter avec les 100 km/h. Le record de vitesse à la voile est, quant à lui, détenu par « Vestas Sailrocket 2 », qui a atteint 121 km/h le 24 novembre 2012, en se basant sur un autre principe de fonctionnement où le foil permet d'ancrer le bateau dans l'eau à haute vitesse. La technologie du foil a toutefois ses limites : à partir d'un certain régime, la dépression à l'extrados du foil est telle que l'eau s'y vaporise en petites bulles qui implosent violemment par la suite. Ce phénomène s'appelle cavitation. Il engendre vibrations et pertes de portance, sans oublier une forte érosion des surfaces qui y sont soumises.



Les dimensions de l'irritation

« Je » est un carré qui vit dans un univers appelé « Flatland ». Si nous y vivions aussi, nous nous blottirions contre lui pour sentir ses angles. Alors que si nous étions un noble de Flatland, il nous suffirait d'apercevoir le léger brouillard persistant qui les entoure pour savoir qu'ils sont là. Nous savourerions l'équilibre de la symétrie, et un angle droit suffirait à nous indiquer que nous avons affaire à un lettré, et non à un noble (un polygone) et encore moins à un prêtre (tous circulaires).

Flatland est un univers qui n'a que deux dimensions. C'est aussi le titre d'une satire mordante qui dépeint la rigidité de l'ordre social victorien. Ecrit en 1884 par Edwin Abbott Abbott, un instituteur anglais, cet ouvrage est un jeu grisant avec les dimensions. Au début du XXe siècle, il est même devenu un livre culte, lorsque les physiciens se sont avancés dans des espaces conceptuels qui n'avaient plus rien à voir avec notre expérience quotidienne.

Dans ses rêves, le narrateur se retrouve au pays des lignes (« Lineland »), puis à celui des points (« Pointland »), où le roi punctiforme se grise d'éloges de lui-même : il ne connaît rien d'autre. Et lorsque le carré s'efforce en vain de le convaincre de l'existence des deux autres dimensions, le roi croit entendre ses propres pensées. De retour à Flatland, le narrateur reçoit la visite d'une sphère qui lui fait découvrir la troisième dimension,

à l'occasion d'un vol au-dessus de son univers. Il peut alors, tour à tour, apparaître et disparaître de Flatland, comme un fantôme. Enthousiaste, le carré se met à évoquer l'existence d'une quatrième et d'une cinquième dimension. Sur quoi, dégoûtée, la sphère le renvoie à Flatland. Où les habitants, notamment les plus nantis, ne sont pas plus emballés à l'idée de ces dimensions hors de leur univers. Considéré comme un émeutier, le carré est incarcéré.

« Flatland » allie élégamment la fiction mathématique et la satire sociale. C'est aussi une aide précieuse pour ceux qui, comme moi, assistent parfois aux conférences de chimistes qui décrivent les cristaux tels des projections en 3D issues d'un univers à six dimensions. *mf*

Edwin Abbott Abbott : *Flatland: A Romance of Many Dimensions*, Cambridge University Press, 2010.

Courrier des lecteurs

En finir avec Darwin ?
(Lettre de lecteur concernant « Le hasard recule devant la nécessité », *Horizons* n° 95, décembre 2012)

Des cellules génétiquement identiques présentent parfois des différences de comportement. Le hasard semble avoir davantage d'influence sur la mutation et la sélection que ce que l'on supposait jusqu'ici. Et la science est sur le point de reconnaître cette réalité. Mais cela ne l'avance guère. L'enjeu n'est pas de comprendre le fonctionnement de quelque chose et ce qui se passe. La seule question qui nous fait progresser est celle du « pourquoi ? ». Depuis des siècles, la recherche tente de résoudre tous les problèmes au niveau matériel, en s'attachant aux effets et non aux causes. Heureusement, de plus en plus de scientifiques ont le courage d'admettre que la voie (darwinienne) choisie est une impasse et d'inclure des paramètres spirituels ou subtils dans leur travail.
Daniel Hasler, cabinet d'homéopathie classique, Thusis (GR)

Les royaumes professoraux sont la règle
(Lettre de lecteur à propos de l'article « Mille nouveaux postes de professeurs assistants », *Horizons* n° 95, décembre 2012)

Antonio Loprieno reproche aux initiants de « Vision 2000 » de relayer une conception dépassée des universités. Pourtant, les royaumes professoraux sont toujours la règle, du moins dans les sciences biomédicales. Lorsque je dirigeais mon propre groupe de recherche, le chef du département figurait comme dernier auteur dans toutes mes publications, y compris celles dont le doctorant que j'encadrais était le premier auteur. Quelle motivation nous reste-t-il, à nous les scientifiques de la relève ?
Les professeurs pourraient soutenir leurs postdocs en cédant le titre de dernier auteur à ceux qui le méritent. Un de leurs arguments est qu'ils ont besoin de figurer comme auteur afin d'obtenir des fonds de tiers pour l'ensemble de leur département. Le Fonds national suisse pourrait être ici d'un certain secours, en renonçant à accorder une telle importance au nombre d'articles publiés en tant que dernier auteur, notamment lorsqu'il est évident que les publications sont imputables aux groupes de recherche des requérants.
Les découvertes scientifiques reposent en grande partie sur le travail de postdocs expérimentés. Que ces derniers doivent surtout s'employer à chercher du travail en dehors des universités, une fois leur poste à durée déterminée arrivé à terme, est dommageable pour la science dans son ensemble.
Nadesan Gajendran, département de biomédecine, Université de Bâle

De mars à juin 2013

Cafés scientifiques

Genève : « Le jour où ... les FIV seront condamnées » (25 mars) ; « Le jour où ... les abeilles disparaîtront » (29 avril) ; « Le jour où ... on ne voyagera plus » (27 mai)
Musée d'histoire des sciences, Parc de la Perle du Lac, rue de Lausanne 128, 1202 Genève, à 18h30 ▸ www.bancspublics.ch

Fribourg : « Faut-il encore apprendre à mémoriser ? » (14 mars) ; « Agrocarburants : techniques et enjeux » (18 avril)
Café-restaurant Le Souffleur, Espace Nuithonie, rue du Centre 7, 1752 Villars-sur-Glâne, de 18h00 à 19h30 ▸ www.unifr.ch/cafes-scientifiques/fr

Neuchâtel : « Humains ou singes : à qui l'AOC du langage ? » (20 mars) ; « La langue, facteur d'intégration ? » (17 avril) ; « Chic, la tactique des tic-tac helvétiques » (15 mai)
Cafétéria du bâtiment principal, Université de Neuchâtel, av. du 1er-Mars 26, 2000 Neuchâtel, de 18h00 à 19h30
▸ www.unine.ch/cafescientifique

Jusqu'au 14 avril 2013

« La mort est dans le pré »

Musée romain de Lausanne-Vidy
Chemin du Bois-de-Vaux 24, 1007 Lausanne
▸ www.lausanne.ch/mrv

Jusqu'au 20 mai 2013

« SUPRA100 »

Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel
Rue des Terreaux 14, 2000 Neuchâtel
▸ www.museum-neuchatel.ch

Jusqu'au 13 octobre 2013

« Palmes aux herbiers »

Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève
Chemin de l'Impératrice 1, 1292 Chambésy
▸ www.ville -ge.ch/cjb/palmes_intro.php

Jusqu'au 20 octobre 2013

« Hors-champs »

Musée d'ethnographie de Neuchâtel
Rue Saint-Nicolas 4, 2000 Neuchâtel
▸ www.men.ch

Pas de diktat de l'économie

Le Prix Latsis national 2012 décerné par le Fonds national suisse (FNS) a été remis officiellement le 10 janvier dernier, lors d'une cérémonie à Berne, en présence du conseiller fédéral Johann Schneider-Ammann, au généticien et médecin valaisan Jacques Fellay. Ce chercheur de l'EPFL a été

Valérie Chételat

récompensé pour ses travaux sur les variations génétiques influençant les réponses aux maladies virales, comme le sida, et à leurs traitements. Dans son discours, le chef du nouveau Département de l'économie, de la formation et de la recherche a balayé certaines craintes concernant une éventuelle mainmise de l'économie sur la recherche. Ce serait une erreur de soumettre la soif de savoir et de découverte propre à l'être humain au diktat de l'économie, a-t-il affirmé.

Biologie systémique : quinze nouveaux projets

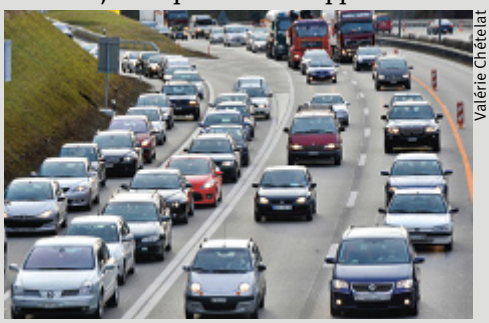
SystemsX.ch, l'intitiative suisse pour la biologie des systèmes, entame en 2013 la deuxième étape de son exercice. La modélisation quantitative des processus biologiques et les questions d'ordre médical passeront désormais au premier plan. Le groupe d'experts de SystemsX et du FNS a en outre lancé une sélection de quinze nouveaux projets de recherche interdisciplinaire bénéficiant d'un budget total de 60 millions de francs jusqu'en 2016. Durant la phase de mise en place entre 2008 et 2012, la Confédération a investi 120 millions de francs dans le subventionnement de la recherche en biologie des systèmes et elle mettra 100 millions de plus à disposition pour la période 2013-2016. L'étude globale des processus biologiques dans les cellules, les tissus et les organismes, ainsi que le savoir qui en découle ouvrent notamment de nouvelles voies à la recherche médicale.

Nouveau président pour les Académies

Thierry Courvoisier est le nouveau président des Académies suisses des sciences. « La science doit avoir plus de poids dans les décisions politiques », affirme le professeur d'astrophysique à l'Université de Genève. Depuis 1995, Thierry Courvoisier dirige l'Integral Science Data Centre qui recueille, archive et analyse les données du satellite Integral, l'observatoire spatial des rayons gamma de l'Agence spatiale européenne. Ses recherches portent principalement sur les noyaux galactiques actifs, des formations de la taille de notre système solaire, avec un trou noir gigantesque au milieu. Les noyaux galactiques actifs sont les principales sources de lumière et d'ondes électromagnétiques dans l'Univers. Thierry Courvoisier succède à Heinz Gutscher, professeur de psychologie sociale à l'Université de Zurich, qui a présidé les Académies en 2011 et 2012.

Virage énergétique : pas sur le dos du climat

Les Académies suisses des sciences soutiennent le virage énergétique. Dans leur réponse à la procédure de consultation sur la stratégie énergétique 2050 de la Confédération, elles soulignent toutefois que ce tournant ne doit pas se faire au détriment de la protection du climat. A côté d'objectifs pour le développement des


Valérie Chételat

énergies renouvelables, il faudrait aussi fixer des buts en matière de chauffage, de climatisation et de circulation, car ce sont ces secteurs qui ont surtout recours aux énergies fossiles. Les mesures prévues comme la création d'accumulateurs d'électricité et l'introduction d'une réforme fiscale écologique doivent déjà être lancées aujourd'hui. Le virage énergétique ne pouvant être réalisé que grâce aux efforts communs de la société, de la politique et de l'économie, le consensus sur les mesures demande à être renforcé.

Horizons
Magazine suisse de la recherche scientifique
Horizons paraît quatre fois par an en français et en allemand (Horizonte).
25e année, n° 96, mars 2013.

Editeur
Fonds national suisse
de la recherche scientifique (FNS)
Département Communication
Wildhainweg 3
Case postale 8232
CH-3001 Berne
Tél. 031 308 22 22
abo@snf.ch

Académies suisses des sciences
Secrétariat général
Hirschengraben 11
CH-3001 Berne
Tél. 031 313 14 40
info@akademien-schweiz.ch

Rédaction
Urs Hafner (uha), responsable
Valentin Amrhein (va)
Marcel Falk (mf)
Philippe Morel (pm)
Ori Schipper (ori)
Marie-Jeanne Krill (mjk)

Graphisme, rédaction photos
2. stock süd netthoevel & gaberthüel, Valérie Chételat
Photo de couverture: Valérie Chételat
Illustration éditorial: Eliane Häfliger, HEAB

Correction
Jean-Pierre Grenon

Traduction
Catherine Riva

Impression et lithographie
Stämpfli SA, Berne et Zurich
Climatiquement neutre, myclimate.org
Papier: Refutura FSC, Recycling, matt
Typographie: FF Meta, Greta Text Std

Tirage
34 800 exemplaires en allemand,
15 500 exemplaires en français

© Tous droits réservés.
Reproduction avec l'autorisation souhaitée de l'éditeur.

ISSN 1663 2710

L'abonnement est gratuit. La version papier n'est distribuée qu'en Suisse. Les projets de recherche présentés sont soutenus en règle générale par le FNS.
www.snf.ch/horizons

Le FNS
Le FNS est la principale institution d'encouragement de la recherche scientifique en Suisse. Sur mandat de la Confédération, il favorise la recherche fondamentale dans toutes les disciplines et soutient chaque année, grâce à un budget de quelque 700 millions de francs, près de 3500 projets auxquels participent environ 8000 scientifiques.

Les Académies
Sur mandat de la Confédération, les Académies suisses des sciences s'engagent en faveur d'un dialogue équitable entre la science et la société. Elles représentent la science, chacune dans son domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur permet d'avoir accès aux expertises de quelque 100 000 chercheurs.

« Les sciences humaines ne doivent pas se réinventer complètement. Elles ont une belle tradition. »

Virginia Richter page 23

« Le métier de juge n'est pas seulement lourd à porter, il est aussi souvent solitaire. »

Helen Keller page 25

« En Suisse, on aime beaucoup se plaindre. »

Martin Vetterli page 48