



La médecine
personnalisée
pour
débutants
page 25

Armes: des questions qui dérangent 10

EPFL: bilan de l'ère Aebischer 29	Montagne: les vertus de la décroissance .. 34	A la recherche de l'herbe parfaite 46
--	--	--

Briser le tabou

Un couteau à viande: c'est l'illustration parfaite d'un produit à double usage, à la fois civil ou belliqueux. Ce concept se trouve au cœur de la législation helvétique. Elle tente de régler les inévitables questions morales soulevées par le marché de l'armement en définissant des catégories de biens militaires et de pays vers lesquels l'exportation est autorisée – ou non.

La question concerne aussi les scientifiques dont la recherche en cryptographie, robotique ou encore virologie pourrait contribuer à une application militaire. Mais les institutions suisses n'abordent pas volontiers ce thème. La question ne les concerne pas, déclarent certaines, avant de reconnaître que oui, elles mènent des recherches ayant nécessité un contrôle à l'exportation de la part du Secrétariat d'Etat à l'économie. Davantage de transparence sera nécessaire afin que politiques, citoyens et journalistes puissent analyser les enjeux et exprimer leur avis en connaissance de cause.

Une initiative des Académies suisses des sciences naturelles va dans le bon sens pour briser le tabou: au printemps 2016, le forum pour la recherche génétique a initié le dialogue avec les biologistes afin de discuter des enjeux liés au double usage possible de leurs travaux, par exemple dans des armes biologiques.

Le monde académique milite avec raison pour la liberté de la recherche. Mais comme tout absolu, celle-ci a ses limites: financières, éthiques ou légales. «Il y a beaucoup de choses qu'une technologie ne devrait jamais être autorisée à faire. La façon de l'interdire, c'est de ne pas la créer», déclarait début 2016 le CEO d'Apple Tim Cook dans sa lutte contre le FBI qui lui intimait de décrypter le téléphone d'un terroriste. Des universités allemandes ont mis en place de manière volontaire une «clause civile» qui prohibe tout travail dont les objectifs ne sont pas exclusivement civils. Que le monde académique suisse se décide en faveur d'une telle mesure ou non, il doit réfléchir de manière ouverte sur la façon dont il entend gérer la recherche liée à l'armement. Sous peine de se voir imposer des règles par les autorités, ou de faire face aux questions gênantes de la société civile.



Daniel Saraga, rédacteur en chef

horizons



Concept: Max Brück/Photo: Janine Bächle



Point fort Armes

2. stock sud



Science et politique

10

Ces armes qui dérangent

La Suisse construit des armes et les vend; ses citoyens les portent et les utilisent. Plongée dans une relation très ambivalente.

12 Les armes et la recherche

Comment les hautes écoles suisses gèrent-elles les travaux scientifiques pouvant déboucher sur une utilisation militaire? La question s'avère des plus délicates.

15 Combattre au XXI^e siècle

Micro-ondes, laser et insectes télécommandés: un aperçu du champ de bataille du futur.

18 Un commerce contesté

La Suisse veut exporter du matériel de guerre, mais sans nourrir les conflits.

20 L'arme, entre symbole et tabou

L'Etat a désarmé les citoyens pour pacifier la société.

24 «Les abeilles sont sous pression»

Markus Fischer résume le message du premier rapport global sur les pollinisateurs.

25 Des données pour des thérapies ciblées

Un grand programme veut personnaliser la médecine en Suisse. Explications et défis.

29 Les recettes du président

En amenant sciences de la vie et culture américaine, Patrick Aebischer a profondément transformé l'EPFL. Il explique comment.

◀ Couverture: modèle papier du pistolet mitrailleur MP7A1. La vraie arme de Heckler und Koch pèse 1,9 kilo et tire 950 coups par minute. Photo: Stöb Grünig

◀ Couverture intérieure: le kit de bricolage de Papafoxtrott comprend sept feuilles de carton A3 de 0,5 mm d'épaisseur. Temps estimé pour le montage: 16 heures. Photo: Stöb Grünig

32

Valérie Chételat



Culture et société

32 Familles recomposées et recettes de cuisine

Sabine Huebner étudie la vie quotidienne de l'Antiquité.

34 Au-delà de la croissance

Les vallées isolées de la Suisse pourraient profiter d'un repli ordonné.

37 Trépanation à l'âge du fer Des parlementaires plus fidèles à leur parti Histoire d'une biologiste féministe

40

Keystone/LAIF/Jun Michael Park



Environnement et technique

40 Une concurrence pour homo sapiens

Les réseaux de neurones artificiels imitent notre cerveau - et le dépassent parfois.

42 Le Goethe des mathématiques

Un travail mammoth touche à sa fin: 75 volumes analysent les travaux de Leonhard Euler.

43 Des nanotransistors à la limite Des forêts en mutation Les cirrus réchauffent la Terre

44

Wikimedia Commons



Biologie et médecine

44 Au-delà de la morphine

Les soins palliatifs veulent soulager le patient, pas le guérir.

46 Optimiser les prairies

Un gène pourrait permettre des croisements d'herbes fourragères.

47 Le bruit des neurones

Des chercheurs écoutent l'activité des neurones de la rétine in vitro.

48 Le génome de la punaise dévoilé Xénotransplantation: nouvelles pistes Un implant cérébral contre la dépression

En image

6 Une cartographie de la recherche

Débat

8 Faut-il croire aux univers parallèles?

Lieu de recherche

38 L'intuition au fond du tunnel

Comment ça marche?

49 Le cerveau des drones

Verbatim

50 Les langues comme ressources naturelles

En direct du FNS et des Académies

51 Martin Vetterli quittera le FNS pour l'EPFL





La galaxie de la recherche

Ce réseau visualise tous les projets financés par le Fonds national suisse entre 2006 et 2015: 355 000 collaborations, 45 000 chercheurs, 25 000 projets. L'infographie a été réalisée par Martin Grandjean de l'Université de Lausanne (UNIL) quelques jours après la publication de la base de données P3 (Personnes, projets et publications) sur p3.snf.ch.

Les points représentent les chercheurs. Leur taille est proportionnelle au nombre de projets dans lesquels ils sont engagés. Leur couleur indique du plus foncé au plus clair le nombre de collaborations, symbolisées par des lignes.

Des communautés sont identifiables dans le réseau central, mais le centre de ce dernier n'est pas le plus dense. A distance se trouvent, tels des satellites en orbite lointaine, des scientifiques engagés dans peu de projets ou dans des recherches menées par un très petit nombre de personnes, elles-mêmes également isolées.

La discipline constitue un élément structurant du réseau des collaborations: les sciences médicales et informatiques se concentrent sur la gauche, la chimie et la biologie en haut, les sciences de la terre et la physique à droite, et les sciences humaines et sociales en bas.

«Cette analyse précoce reste au niveau structurel, explique Martin Grandjean. L'ajout systématique de couches qualitatives telles que les disciplines, les institutions ou encore la mobilité des chercheurs sera nécessaire pour donner à cette visualisation tout son sens. Ces informations vont être couplées à une base de données de l'ensemble des professeurs suisses pour permettre une analyse plus complète, en collaboration avec Pierre Benz et Thierry Rossier de l'Observatoire des élites suisses de l'UNIL.» *dsa*

Image: Martin Grandjean

Faut-il croire aux univers parallèles?

Notre univers n'en est qu'un parmi d'autres, selon certaines théories physiques. Devons-nous les prendre au sérieux en l'absence de toute preuve expérimentale? Deux experts donnent leur avis.

Martin Rees/© Keith Mindham; Carlo Rovelli/© Grégory Scicluna (photomontage)



Oui, restons ouverts d'esprit, estime l'astrophysicien Martin Rees.

Quelle est la taille de la réalité physique? Nous ne pouvons observer qu'un volume fini à l'horizon - une coquille autour de nous qui démarque la distance que la lumière a pu parcourir depuis le big bang. Mais cette bulle n'a pas plus de sens physique que le cercle qui délimite l'horizon lorsqu'on se trouve au milieu de l'océan. Au-delà, on s'attend à la présence de bien plus de galaxies, et nous sommes à l'aise avec le fait qu'elles existent sans que nous puissions les voir.

Cependant, même cette réalité étendue pourrait aller encore plus loin. L'espace et le temps peuvent être limités aux suites de «notre» big bang, mais certaines théories suggèrent qu'il ne s'agit que d'un big bang parmi d'autres. En d'autres termes, ce que nous avons traditionnellement appelé «l'univers» pourrait bien n'être qu'une île dans un archipel peut-être infini d'espace-temps. Ce qui conduit à la question: pourquoi ces domaines devraient-ils avoir un statut épistémologique différent de celui des galaxies présentes au-delà de notre horizon visible?

Certains affirment que les entités inobservables ne font pas partie de la science. Je pense que ce n'est pas la bonne façon

d'envisager les choses. Nous ne pouvons regarder dans les trous noirs, mais nous croyons ce que la relativité dit de leur intérieur, car cette théorie décrit correctement d'autres phénomènes observables. De la même manière, si nous disposions d'un modèle décrivant l'univers à ses débuts et qui était basé sur des propriétés physiques corroborées d'autres manières, nous devrions le prendre au sérieux s'il prédisait des big bangs multiples.

«Nos préférences n'ont aucune importance pour ce qu'est vraiment la réalité physique.»

Martin Rees

Une autre pomme de discorde vient de l'idée (issue de la théorie des cordes) que chaque univers au sein du multivers (un univers multiple, ndlr) pourrait être gouverné par ses propres lois physiques. Si tel était le cas, il n'y aurait rien de surprenant au fait que les constantes fondamentales -

les grandeurs qui déterminent le type d'univers dans lequel nous vivons - semblent réglées pour permettre l'émergence de la vie. Nous vivrions alors bien entendu dans l'un des univers dans lequel un observateur peut être présent.

Cela signifierait que les constantes fondamentales ne sont que des accidents de leur environnement, des conséquences secondaires d'une théorie plus profonde. Cela déçoit naturellement les théoriciens ambitieux qui désirent trouver des explications profondes du monde qui nous entoure. Mais nos préférences n'ont aucune importance pour ce qu'est vraiment la réalité physique. Nous devons certainement rester ouverts d'esprit en qui concerne la possibilité de multiples univers.

Sir Martin Rees est professeur à l'Université de Cambridge. Il est Astronome royal et ancien président de la Royal Society.



Non,

les preuves ne
suffisent pas, répond
le physicien théoricien
Carlo Rovelli.

Le monde pourrait être plus vaste que ce nous avons cartographié à ce jour. Nous avons encore et encore découvert par le passé qu'il était plus grand que ce que nous pensions. Mais à chaque fois, ce sont des preuves qui nous ont convaincus. Au XVII^e siècle, Johannes Kepler montrait qu'un modèle de l'Univers centré autour du Soleil prédisait mieux le mouvement des planètes qu'un modèle géocentrique. Au début du XX^e siècle, une nouvelle technique développée par Henrietta Leavitt révélait que les nébuleuses étaient en fait des galaxies éloignées.

Le multivers (ou univers multiple, ndlr) ne possède pas de telle base empirique. En réalité, son concept se décline en plusieurs versions, chacune avec sa propre motivation théorique. Des cosmologues avancent par exemple le postulat de nombreux big bangs distincts, générant chacun un univers. Certains physiciens essaient de donner un sens à l'étrangeté de la mécanique quantique en imaginant que notre univers se divise continuellement en de multiples univers parallèles.

Dans les années 1990, le physicien théoricien Lee Smolin proposait que les univers se reproduisent par le biais de trous

noirs, chacun d'eux donnant naissance à un nouvel univers. Ce mécanisme s'accompagnerait d'une évolution darwinienne sélectionnant les univers qui génèrent le plus de trous noirs - une extension fascinante de concepts biologiques au cosmos. Contrairement à de nombreux partisans de l'existence d'univers multiples, Lee Smolin s'est au moins efforcé de déduire des conséquences en principe observables.

«C'est comme dire que nous
avons la preuve de l'existence
des chœurs des anges.»

Carlo Rovelli

Un argument courant pour justifier le multivers est qu'il permet d'«expliquer» pourquoi les constantes de la nature semblent ajustées avec précision à notre existence. Mais ce raisonnement prend les choses à revers. Les constantes fondamentales déterminent la manière dont fonctionne la nature et donc ce qui existe, et non pas l'inverse. Si les constantes étaient différentes, l'univers serait simplement

différent - peut-être plus riche et plus complexe, mais nous n'en savons pas suffisamment pour le dire.

Ne vous méprenez pas: je respecte mes collègues qui spéculent. Peut-être que l'idée de multivers nous donnera un jour une prédiction sérieuse qu'il sera possible de tester. Mais en attendant, les physiciens devraient se garder de vendre leurs spéculations comme de la connaissance. Les scientifiques se laissent facilement emporter par leur imagination, et l'histoire des sciences comprend une foule d'idées fascinantes qui se sont révélées inutiles. Affirmer que nous savons ce qui se trouve en dehors de l'univers actuellement observable est comme dire que nous avons la preuve de l'existence des chœurs des anges autour des étoiles.

Carlo Rovelli est professeur à l'Université d'Aix-Marseille. Il a participé à l'élaboration de la théorie de la gravitation quantique à boucles.



Défendre et attaquer, développer et vendre

Parler ouvertement des armes reste difficile. Une mise en perspective académique, économique, futuriste et historique.



■ Fusil jouet (2014) fabriqué par un visiteur du pavillon de l'étudiant Max Brück à la Hochschule für Gestaltung Offenbach (Allemagne). Les réactions enregistrées lors de cet atelier ont été les mêmes que celles suscitées par une vraie arme: un mélange de fascination et de rejet.

Photo: Janine Bächle

Le joker du double usage

Les hautes écoles helvétiques ne parlent pas volontiers de la recherche sur les armes. Leur argument: une étude à vocation civile peut toujours déboucher sur des utilisations militaires. C'est le fameux «double usage». *Par Roland Fischer*

Une université peut-elle développer des armes et générer des connaissances utilisables à des fins militaires? Sur le plan politique, cette question constitue un vrai champ de mines.

De nombreuses hautes écoles du pays considèrent la question de la recherche militaire comme plutôt hypothétique. L'ETH Zurich, par exemple, fait savoir qu'elle «ne mène pas de projet de recherche sur des armes, c'est-à-dire pas de projet qui vise exclusivement et explicitement le développement de l'armement ou son amélioration. Elle ne tient donc pas de registre pour ce genre de projets». L'Université de Bâle accorde encore moins d'importance à cette question: «Les priorités de l'Université de Bâle sont les sciences du vivant et les sciences humaines, des disciplines où nous menons avant tout de la recherche fondamentale. Quant à savoir si les résultats de cette recherche seront un jour susceptibles d'être utilisés à des fins militaires, c'est impossible de le prédire. Chez nous, la recherche sur les armes n'est donc pas à l'ordre du jour.»

Une question gênante ...

L'EPFL se montre plus explicite, soulignant qu'elle mène de la recherche fondamentale d'orientation avant tout civile et qu'elle publie toujours ses résultats, pratique qu'elle juge peu compatible avec des projets de recherche militaire. Mais elle reconnaît qu'il lui arrive de participer à des consultations organisées par le Secrétariat d'Etat à l'économie (Seco) pour des autorisations d'exportation de biens militaires à double usage (des produits utilisables à des fins civiles ou militaires) ou «spécifiques», c'est-à-dire qui ne peuvent pas être employés directement au combat. A ce propos, l'EPFL déclare s'en tenir strictement aux directives.

«Chez nous, la recherche sur les armes n'est pas à l'ordre du jour.»

Université de Bâle

Une chose est sûre: en Suisse aussi, des financements liés à l'armement sont alloués à la recherche. L'Office fédéral de l'armement (Armasuisse) déclare avoir octroyé quelque 3,4 millions de francs aux hautes écoles helvétiques en 2015 (2,7 millions de francs sans les HES). Armasuisse ne donne pas de renseignements sur des projets concrets, mais une liste des institutions impliquées dans des partenariats de recherche. En tête figurent les universités de Berne et de Zurich, les deux EPF, toute une série de HES, l'EMPA et Agroscope, mais aussi, à l'étranger, l'Université d'Oxford et l'Université technique de Kaiserslautern.

L'Université de Berne précise que sa collaboration avec Armasuisse concerne deux projets à l'Institut des maladies infectieuses avec le Laboratoire de Spiez de l'Office fédéral de la protection civile. «Les deux projets ont été traités par la section Biologie et visent à améliorer, respectivement à rendre possible, la détection de micro-organismes (concrètement l'émergence de virus inconnus) et de leur toxine (neurotoxine botulinique).» Pourtant, l'Université de Berne avait d'abord affirmé qu'aucun projet de recherche sur les armes n'était en cours entre ses murs.

Il y a trois ans, la Sonntagszeitung révélait qu'entre 2011 et 2013, le Pentagone avait soutenu une douzaine de projets de recherche suisses pour un total de plus d'un million de dollars. Les fonds américains destinés à l'armement avaient été alloués entre autres à l'ETH Zurich et aux universités de Zurich, Berne et Neuchâtel. Ces projets financés par Darpa, l'agence de la recherche du département de la Défense, relevaient avant tout de la recherche fondamentale (informatique quantique ou micro-électronique). Certains travaux concernaient des applications comme le développement de lentilles de contact télescopiques ou des études sur l'évolution des virus de la grippe.

... et des réponses évasives

Mais pourquoi les hautes écoles font-elles autant de manières lorsqu'on les interroge sur ces questions? Une explication possible est liée à la notion de double usage et le flou qui caractérise la frontière entre utilisation civile et militaire des résultats de recherche, une barrière d'autant plus transparente que la recherche est fondamentale. Dans sa prise de position, l'Université de Zurich (UZH) s'y réfère directement: «Dans les projets de recherche avec un potentiel de double usage, l'UZH procède à une pesée des intérêts. Ces projets doivent être autorisés par la direction de l'université et les résultats scientifiques être accessibles au public.»

De nombreux projets de recherche financés par l'armée tombent dans cette catégorie. Et les hautes écoles concernées justifient leur ouverture à de tels financements en soulignant que leur priorité est l'utilisation à des fins civiles. Par exemple, l'US Air Force finance un projet à l'Université de Berne pour développer des moyens de détecter les débris spatiaux. Comme ceux-ci menacent également les satellites civils, le projet présente un avantage indiscutable pour la société.

L'expérimentation animale mieux encadrée

Il reste donc difficile de déterminer s'il faut renoncer à certains projets de recherche ou non. Mais des institutions telles que l'Uni-

«Si la déclaration assurant que les objectifs d'une recherche servent exclusivement des objectifs civils fait défaut, le projet n'est pas accepté.»

Université technique de Berlin

versité technique de Berlin se sont dotées d'une clause civile pour clarifier la situation. Elle stipule qu'«aucune recherche sur l'armement ne peut [y] être conduite. Par ailleurs [...] ses institutions de recherche ne peuvent accepter ni mandat ni fonds pour mener des recherches dans le domaine de l'armement». L'Université de Berlin a adopté cette clause civile en 1991, peu après l'abandon des directives strictes sur la recherche en sciences naturelles fixées suite à la Deuxième Guerre mondiale. La loi du Conseil de contrôle allié de 1946 interdisait en effet à l'Allemagne toute recherche militaire, ainsi que des recherches dans certains domaines d'intérêt à la fois civil et militaire. Comme la physique nucléaire, la construction aéronautique et navale, la technologie radar et sonar ou encore la cryptographie. Seule exception, et sévèrement contrôlée: la recherche fondamentale.

La frontière entre utilisation civile et militaire des résultats de recherche est floue.

La clause civile est plus qu'une déclaration d'intention, c'est une restriction volontaire à la liberté de recherche. A l'Université technique de Berlin, une commission décide de l'autorisation - ou non - des projets concernés pas la clause civile. Mais un seul projet n'a pas passé la rampe en 2015, alors même que selon ses propres termes, la haute école applique la clause de manière très explicite: «Chaque projet doit être signalé au département de recherche et accompagné d'une déclaration ferme assurant que les buts de ladite recherche servent exclusivement des objectifs civils.

Si elle fait défaut, le projet n'est pas accepté. Pour les projets industriels, un dispositif conventionnel avec la partie cocontractante fixe par écrit que les résultats de recherche ne peuvent être utilisés qu'à des fins civiles.» Dans certains cas particuliers, c'est la présidence qui juge si les doutes ont été effectivement levés. S'ils subsistent, le projet est refusé.

Cette procédure rappelle les cas d'expérimentations animales ou d'essais médicaux avec des participants humains, qui sont encadrés par une commission d'éthique assez puissante pour stopper le projet en cas de doute. Il ne s'agit pas d'un exercice alibi: une série de lois imposent des limites à la recherche. Le présumé selon lequel la recherche serait libre n'est donc pas entièrement correct. Toutefois, la recherche avec potentiel militaire ne connaît pas de législation restrictive du même type. Même le Japon, où le mouvement pour la paix est très fort dans les universités, ne possède pas de réglementation légale.

Davantage de transparence

Souvent, les chercheurs et les hautes écoles argumentent qu'une recherche militaire interdite à l'université se ferait de toute façon ailleurs, c'est-à-dire à huis clos dans des laboratoires spécialisés. Comme chez Ruag, un groupe industriel suisse qui déclare avoir investi 140 millions de francs dans la recherche et le développement en 2014, y compris par le biais de différents partenariats avec l'industrie et les hautes écoles. Mais sans fournir davantage de détails.

En Allemagne, de nombreuses universités ont suivi l'exemple de l'Université technique de Berlin et introduit une clause civile. Dans notre pays, en revanche, il n'existe pas de cas similaire. Sans surprise, le Groupe pour une Suisse sans armée (GSSA) réclame régulièrement une

Les historiens ont été surpris de ne pas découvrir d'acointances entre hautes écoles et armée.

limitation de la recherche sur l'armement en Suisse et ailleurs. Thomas Leibundgut du GSSA part du principe qu'une clause civile toucherait très peu de projets: «La recherche qui porte explicitement sur les armes joue un rôle marginal dans les hautes écoles helvétiques. Le début d'une discussion sur les clauses civiles constitueraient déjà un grand pas.»

«Il faudrait au moins savoir sur quel sujet portent les recherches.»

Corina Liebi

Le GSSA tente d'exercer une pression politique sur les directions des universités par le biais des associations d'étudiants. Par exemple à Berne, où le comité de l'association des étudiants a déposé auprès de la direction de l'université et des facultés une demande d'information sur la recherche menée dans le domaine de l'armement. «Il s'agit de faire de la prévention, pas forcément de stopper des projets concrets», explique Corina Liebi, étudiante en histoire, à l'origine de ce postulat préparé en collaboration avec le GSSA. La question de la recherche dans le domaine de l'armement est ainsi posée dans le contexte plus large de la politique de la science et du manque de transparence, souvent critiqué, qui règne au sujet d'études financées par des tiers. Corina Liebi espère un changement: «Il faudrait au moins savoir sur quel sujet portent les recherches et quel type d'accord a été passé.»

Peu de recherches sur les armes

Il n'en reste pas moins que les hautes écoles de Suisse profitent peu des fonds de l'industrie de l'armement. David Gugerli, spécialiste de l'histoire des techniques, s'attendait à découvrir un «complexe militaro-pédagogique» lorsqu'il s'est penché sur l'histoire de l'ETH Zurich avec son groupe. Car la donne était claire autrefois, du moins pour les écoles polytechniques: jusqu'à la révolution industrielle, le scientifique était avant tout au service de l'armée,

il s'y connaissait en fortifications et en balistique, grâce à des connaissances acquises dans des hautes écoles spécialisées.

Mais les historiens ont été surpris de ne pas découvrir d'acointances entre hautes écoles et armée. Pour David Gugerli, les raisons sont à chercher dans la création de l'ETH Zurich, fondée pour se démarquer de la tradition d'ingénierie française. L'idée n'était pas de construire des palais et des fortifications ni de fabriquer des armes, mais d'établir un génie civil et une mécanique helvétiques. En matière de recherches sur les armes, la Suisse est donc un cas à part, constate le chercheur. Ce qui ne veut pas dire que l'industrie suisse, elle, soit restée à l'écart de projets d'armement. David Gugerli cite l'exemple de Bührle. A ses yeux, il serait intéressant de se demander si cette entreprise a eu besoin de l'aide de la Confédération pour connaître le succès: «Dans d'autres pays, par exemple en France, il existe une politique nationale active en matière de technologie, dit-il. En Suisse, il y a eu des tentatives analogues, mais elles n'ont guère eu de succès.»

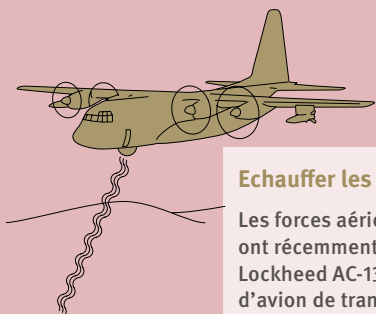
Plus largement, l'histoire internationale des sciences indique que la recherche fondamentale ne serait pas aussi avancée sans les grands projets pendant et après la Deuxième Guerre mondiale. Le projet Manhattan, qui a occupé quelque 150 000 chercheurs et techniciens à partir de 1942 pour construire la bombe atomique, a imposé des dimensions nouvelles. Avec lui, la recherche nucléaire est devenue un exemple type de double usage. Et l'est restée jusqu'à aujourd'hui.

Roland Fischer est journaliste scientifique à Berne.

Les armes du futur

Robots tueurs et armes incapacitantes: une petite sélection d'armes étonnantes imaginées dans les laboratoires de recherche publics et industriels.

Par Roland Fischer. Illustrations de Ikilo

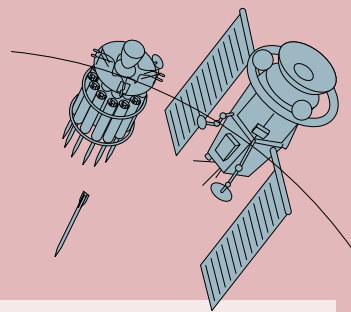
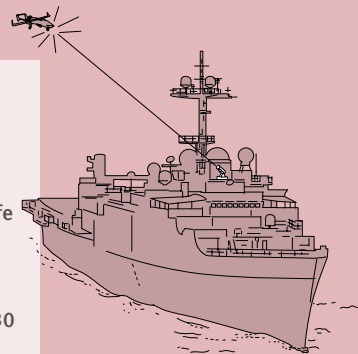


Echauffer les foules

Les forces aériennes américaines ont récemment confirmé que le Lockheed AC-130, une combinaison d'avion de transport et de combat, était équipé d'armes à micro-ondes. L'entreprise Raytheon teste depuis quelques années déjà son Active Denial Systems, un émetteur de micro-ondes focalisées utile par exemple lors d'émeutes. Les ondes génèrent une chaleur locale dans la peau qui provoque d'intenses douleurs. L'innocuité à moyen terme de ces armes reste débattue. Certains experts pensent que ces systèmes ne sont pas encore largement utilisés pour des motifs plus politiques que techniques.

Canons laser

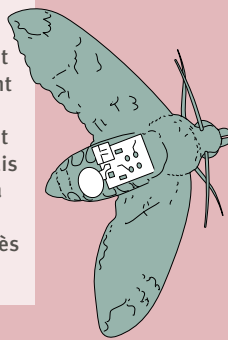
Des armes au laser sont au point depuis quelques années. Le navire de combat américain USS Ponce patrouille depuis 2014 dans le Golfe persique équipé d'un canon laser dont la puissance exacte demeure secrète. Des experts pensent qu'il est basé sur un laser standard de 30 kilowatts et qu'il offre une portée d'un kilomètre pour des objectifs de faible épaisseur. L'Office of Naval Research travaillerait sur un successeur de 100 kilowatts.



Insectes cyborgs

Hybrid Insect Micro-Electro-Mechanical Systems: c'est le nom de l'un des programmes de recherche les plus surprenants de la Defense Advanced Research Projects Agency (Darpa), la division de recherche du département de la Défense américain. Il tente d'élever des insectes (rampants ou volants) hybrides

télécommandables, en leur greffant des microcontrôleurs lorsqu'ils sont au stade de larves. Les domaines d'utilisation concerneraient surtout la surveillance et l'espionnage. Mais les chercheurs ont aussi pensé à la diffusion d'armes biologiques. On ne sait pratiquement rien des succès concrets de cette recherche.



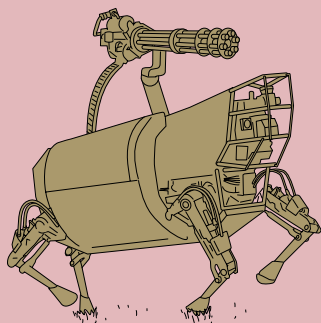
Le ciel vous tombe sur la tête

Les armes de destruction massive sont interdites dans l'orbite terrestre depuis l'accord SALT II de 1979, mais des armes conventionnelles continuent d'être développées. Dans les années 1950, l'auteur de science-fiction Jerry Pournelle proposait le système Thor: des objets métalliques lâchés de satellites avec une précision extrême. L'US Air Force a présenté il y a quelques années un projet de tiges de tungstène d'une dizaine de mètres de long qui résistent à la chaleur lors de l'entrée dans l'atmosphère. Elles percuteraient la surface terrestre à plus de 3000 mètres par seconde, de quoi pénétrer les murs des bunkers les plus épais. Mais l'idée reste de la musique d'avenir, notamment à cause des coûts gigantesques générés.

La guerre des robots

La science-fiction imagine volontiers des champs de bataille où les machines régleront entre elles les conflits. Mais bien entendu, elles pourraient être également utilisées contre les êtres humains. Equipés de capteurs thermiques, les robots quadrupèdes de Boston Dynamics – une société rachetée en 2013 par Google – ont été développés pour servir de mules mécaniques à l'armée. Et laissent penser que la technologie sera un

jour suffisamment avancée pour envoyer des robots traquer les soldats adverses. Des algorithmes qui prennent seuls des décisions de vie ou de mort posent de nouvelles questions éthiques. L'an dernier, 2000 personnalités, dont Stephen Hawking, Steve Wozniak et Noam Chomsky, ont déclaré leur opposition à de telles armes autonomes – un sujet également suivi par les Nations Unies.





■ Pistolet à eau (en jaune) et à pétard «Colt 3» (en bleu), datant probablement de la seconde moitié des années 1970. Produit en RDA par VEB Plastspielwaren Kamenz. Design: Kurt Ali, Baumgarten.

Photo: Keystone/Interfoto/Günter Höhne



■ Pistolet Airsoft de la marque Wei-ETech, vendu en 2009. La nouvelle loi suisse régule les armes Airsoft et d'alarme ainsi que les reproductions. Une autorisation est nécessaire pour la vente d'une réplique réaliste.

Photo: Keystone/Urs Jaudas

Les armes face à la loi

Les exportations représentent un succès commercial et suscitent la controverse.

Texte: Marcel Hänggi. Infographie: 1kilo

La Suisse vend du matériel de guerre, mais ne veut pas le voir engagé dans des conflits.

En avril 2016, le Conseil fédéral a approuvé des exportations d'armement vers des pays impliqués dans la guerre civile au Yémen, notamment l'Arabie saoudite. La décision est-elle compatible avec la règle interdisant d'approvisionner des zones de conflit?

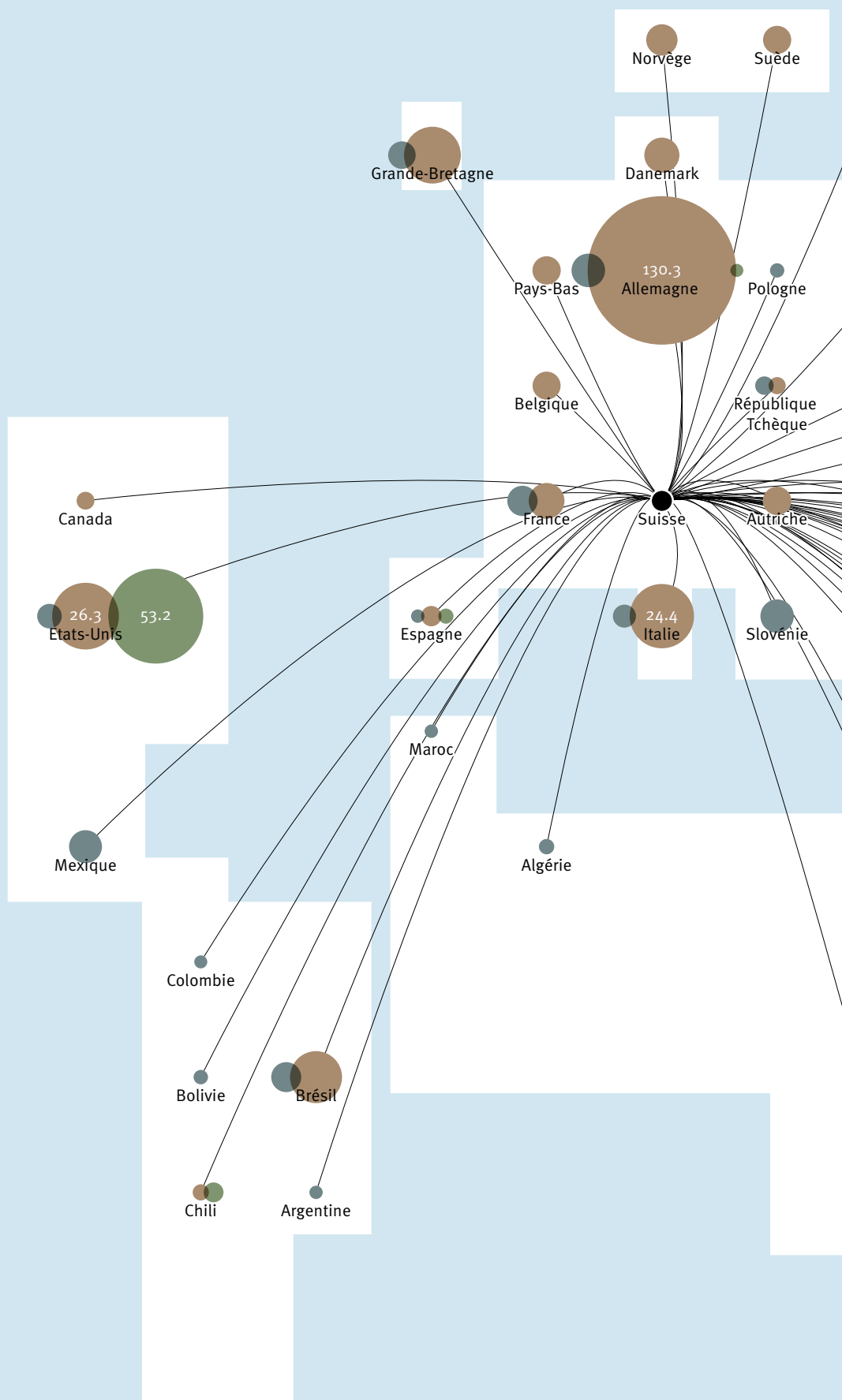
Deux lois et plusieurs traités internationaux régissent l'exportation de matériel militaire. La loi sur le matériel de guerre interdit les armes nucléaires, biologiques et chimiques, les mines antipersonnel et les bombes à sous-munitions ainsi que leur financement. Tout autre matériel de guerre peut être exporté vers des pays qui ne sont pas engagés dans un conflit armé.

La loi sur le contrôle des biens réglemente l'exportation des «biens militaires spécifiques» (qui ne sont pas directement utilisables dans les combats) et des «biens militaires à double usage» (pouvant servir à des fins civiles ou militaires). Ils peuvent être vendus à des pays en guerre, à moins que des accords internationaux ne l'interdisent, que la stabilité régionale et globale ne soit en péril, ou encore qu'il n'existe une raison de craindre une utilisation à des fins terroristes. Les autorisations d'exportation sont délivrées par le Secrétariat d'Etat à l'économie.

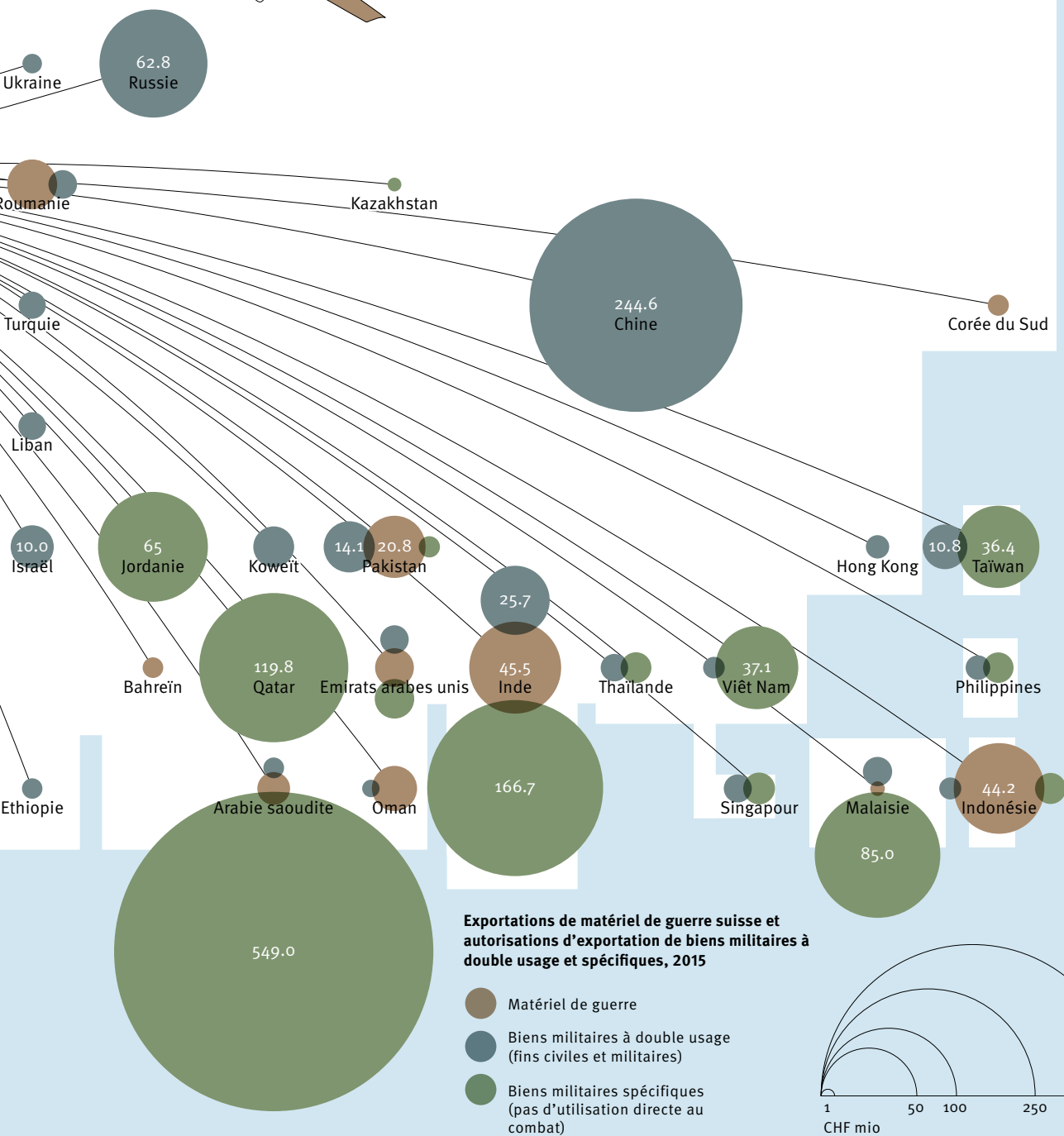
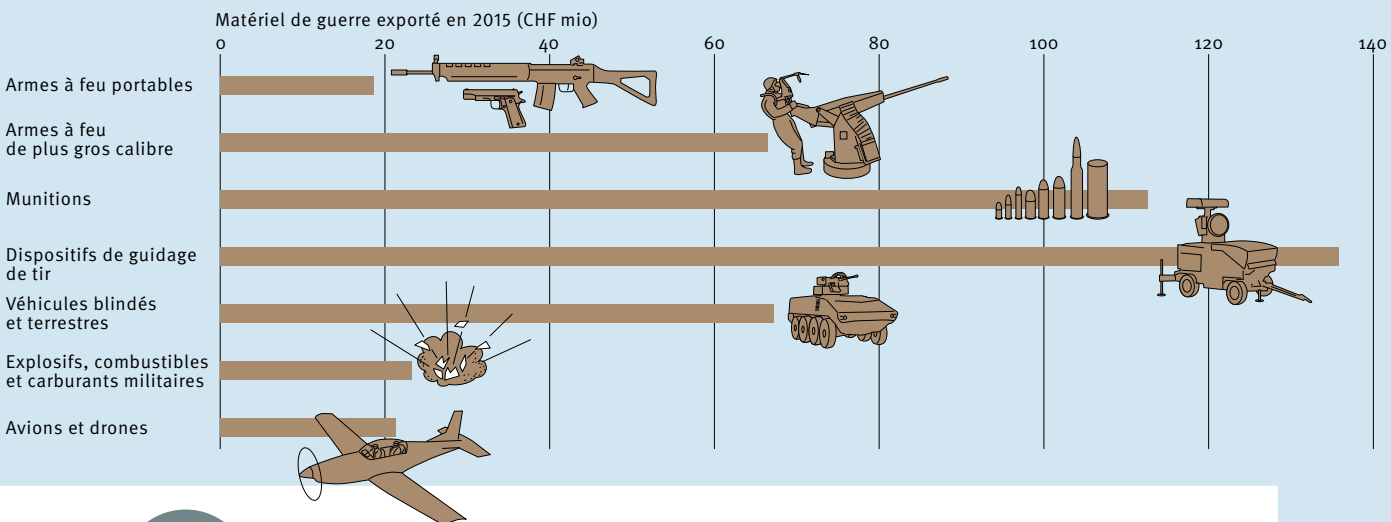
Le cas d'un pays impliqué dans une guerre civile ayant lieu dans un autre Etat est controversé. Le Conseil fédéral écrit qu'il a autorisé des exportations seulement lorsque qu'il «n'y a pas de raison de supposer que [le matériel de guerre] soit utilisé dans les hostilités au Yémen». Une décision qui a relancé le débat autour d'une réglementation plus stricte de ce type de commerce. Une interdiction complète a échoué deux fois dans les urnes, de justesse en 1972 et nettement en 2009. En février 2016, une motion en faveur d'un moratoire sur l'exportation d'armes vers les pays impliqués dans le conflit au Yémen a été rejetée par la Commission de la politique de sécurité du Conseil national. En 2014, une règle a même été assouplie: elle autorise l'exportation vers des pays qui violent «systématiquement et gravement» les droits de l'homme, pour autant que le risque que le matériel suisse soit utilisé pour commettre ces violations soit jugé faible.

Marcel Hänggi est journaliste scientifique à Zurich.

Les plus gros clients sont l'Arabie saoudite, la Chine, l'Inde et l'Allemagne.



Des munitions et dispositifs de tir suisses demandés



Source: Seco

Des citoyens désarmés

Une arme peut être virile, statut social ou tabou. Petite histoire de la manière dont l'Etat autorise ou non la possession de ces instruments de mort. *Par Urs Hafner*

Qui pose un pistolet nonchalamment sur son bureau sera immédiatement sommé de s'expliquer – même s'il n'est pas chargé et a été acquis légalement. Une fois exhibé auprès de ses amis, l'ado cachera son nouveau couteau papillon sous son blouson. Et quand des enfants visent leurs copains avec leur fusil en bois, on leur intime de cesser.

Les armes constituent un tabou dans la sphère publique et civile, qui signale une dialectique cachée: on vénère ce qui représente un danger et on attribue des forces magiques à ce qui est interdit. Elles peuvent tuer en un clin d'œil, et seuls des représentants de l'Etat – agents de police et soldats – sont censés les porter en public. Mais d'un autre côté, elles apparaissent systématiquement au cinéma, ce grand espace social imaginaire. Même un pacifiste apprécie un polar. Et les armes sont parmi nous: deux millions et demi sont en circulation en Suisse, dont une moitié venant du service militaire, relevait le Tages-Anzeiger en décembre 2015.

Noblesse armée

Jusqu'à l'apparition du pacifisme vers 1900, les armes étaient des objets à connotation exclusivement positive et arborées avec fierté. Ce qui aujourd'hui circule de manière presque invisible sous une forme purement fonctionnelle a été durant des siècles richement décoré et l'apanage des nantis: au Moyen Age et au début des Temps modernes, le port d'épées est réservé à la noblesse, groupe dominant qui s'affiche de préférence à cheval. Son privilège lui garantit le maintien de son pouvoir. Si le serf accablé par les corvées veut se rebiffer, son fléau ne lui donne aucune chance contre la longue lance du sieur à cheval.

Au Moyen Age, des clans de nobles se livrent à des querelles sanglantes qui pèsent sur le pays et le peuple. Indifférents aux tribunaux et aux lois, des chevaliers dévastent les fermes des serfs de l'adversaire. Cela précipite les paysans pauvres dans la misère, mais empêche également l'émergence de voies de communication sûres, au grand dam des bourgeois actifs dans le commerce. Au village comme à la ville, les gens ont la main leste: un mot de travers, un geste perçu comme une offense suffit à leur faire dégainer leur couteau. Arnold Esch, ancien professeur d'histoire médiévale à l'Université de Berne, présente de nombreuses preuves d'incidents de ce genre dans son ouvrage «Wahre Geschichten aus dem Mittelalter» (2010).

Les conseils communaux des villes émergentes du Bas Moyen Age endiguent cette violence, explique André Holenstein, professeur d'histoire à l'Université de Berne.

L'Etat détermine quels citoyens ont le droit de posséder une arme, et dans quel but.

«Ils ont adopté des dispositions visant à faire régner la paix. Non seulement faire couler le sang est devenu un acte punissable, mais également dégainer son couteau ou menacer symboliquement de commettre des violences.» Même une personne qui préfère décamper plutôt que de chercher à désamorcer un conflit est condamnable. Une sanction courante consiste à briser le couteau ou l'épée du malfaiteur, détaille André Holenstein: «En détruisant l'arme, l'autorité le dépouille de son honneur viril.»

Sabres phalliques

Nul besoin d'avoir beaucoup lu Sigmund Freud pour voir dans cet acte une castration symbolique. A connotation phallique, l'arme est chargée d'une forte valeur symbolique au Moyen Age. Elle anoblit celui qui la porte et fait de lui un homme. Flanqué de son sabre ou de son poignard, il est considéré comme puissant, viril et honorable.

En Suisse et en Amérique, la virilité et le port d'armes sont toujours étroitement liés. Alors que les Etats-Unis inscrivent ce dernier dans la tradition des pionniers - ces colons blancs intrépides qui faisaient impitoyablement valoir leurs droits sur leurs terres - certains militaires et tireurs amateurs helvétiques cultivent encore un républicanisme patriarcal: de courageux citoyens-soldats veillent sur les frontières du pays et sur leur foyer, où le féminin s'épanouit. Le fusil d'assaut gardé dans le placard à balais tout comme la Landsgemeinde d'Appenzell - où les citoyens se réunissent munis de leur épée - sont des reliques de la tradition militaire fédérale. Un homme non armé n'en est pas vraiment un.

La situation est bien différente pour la population féminine. Les «armes de la femme», elles, ne désignent que son pouvoir de séduction, son corps. L'outil de défense le plus porté par les femmes est le spray au poivre, qui n'est pas considéré en Suisse comme une arme (au contraire de la Belgique et des Pays-Bas). Rares sont les hommes qui en porteraient sur eux.

Des mercenaires suisses bien équipés

A la fin du Moyen Age, la Confédération est le seul pays d'Europe où le paysan et le simple citoyen ont le droit - voire le devoir - de circuler armé: le service militaire

est considéré comme le premier devoir civique. L'époque connaît des spécialités, documente le Dictionnaire historique de la Suisse: le baillon du Prättigau et le gourdin de Lucerne - proches des masses d'armes - ou encore le poignard suisse.

En cas de guerre, les monarchies européennes ne s'en remettent pas à leurs sujets, mais à de jeunes Confédérés qui enrichissent d'habiles entrepreneurs helvétiques. Ces mercenaires sont mieux équipés que les milices suisses, dont l'état à la fin de l'Ancien Régime est pitoyable.

La France républicaine de la Révolution fut la première nation à mettre sur pied une armée populaire et à ne plus craindre d'armer ses citoyens. En 1792, la jeune démocratie mobilise environ un million de soldats qui partent au combat pour assurer la défense et l'expansion de la République. Comme le clame la Marseillaise: «Aux armes, citoyens!»

Le duel - qui voit une personne offensée tenter de rétablir son honneur par la violence armée et sans aucun soutien d'une instance policière ou judiciaire - remet en cause le monopole de l'usage de la force. Ce vestige de la querelle médiévale, encore pratiqué en Allemagne au début du XXe siècle, finit lui aussi par disparaître.

En détruisant son arme,
l'autorité dépouille
le malfaiteur de son
honneur viril.

L'Etat démocratise donc les instruments de guerre et intensifie son contrôle; il détermine quels citoyens ont le droit de les posséder et dans quel but ils sont autorisés à s'en servir. Il rend ainsi possible une société pacifique. Aujourd'hui, le civil a seulement le droit de pratiquer le tir dans un club sportif.

Une société pacifiée

Si l'on considère le nombre de crimes violents, nous vivons dans une société pacifique. En Occident, le taux de meurtres n'a jamais été aussi bas qu'aujourd'hui. Dans son classique «Sur le processus de civilisation» (1939), le sociologue allemand Norbert Elias lie cette pacification au contrôle croissant de l'affect. Celui-ci s'est aussi répercuté sur le raffinement des manières à table, qui voit par exemple l'inoffensive fourchette remplacer le couteau menaçant. Une personne qui se sent offensée ne brandit pas aussitôt le poing, et si elle le fait, elle s'expose à une sanction.

Mais crimes et assassinats, commis avec tous les instruments possibles et imaginables, restent d'actualité. Après les attentats de Paris en 2015 et de Bruxelles en 2016, l'Union européenne prévoit de renforcer ses lois sur les armes. En Suisse, des voix s'élèvent pour réclamer des durcissements analogues à chaque fois qu'un homme commet un suicide élargi avec son fusil d'assaut. Le débat entre régulation et protection tourne autour d'une question: celle de savoir si le contrôle des armes par l'Etat doit être intensifié.

Urs Hafner est journaliste scientifique à Berne.

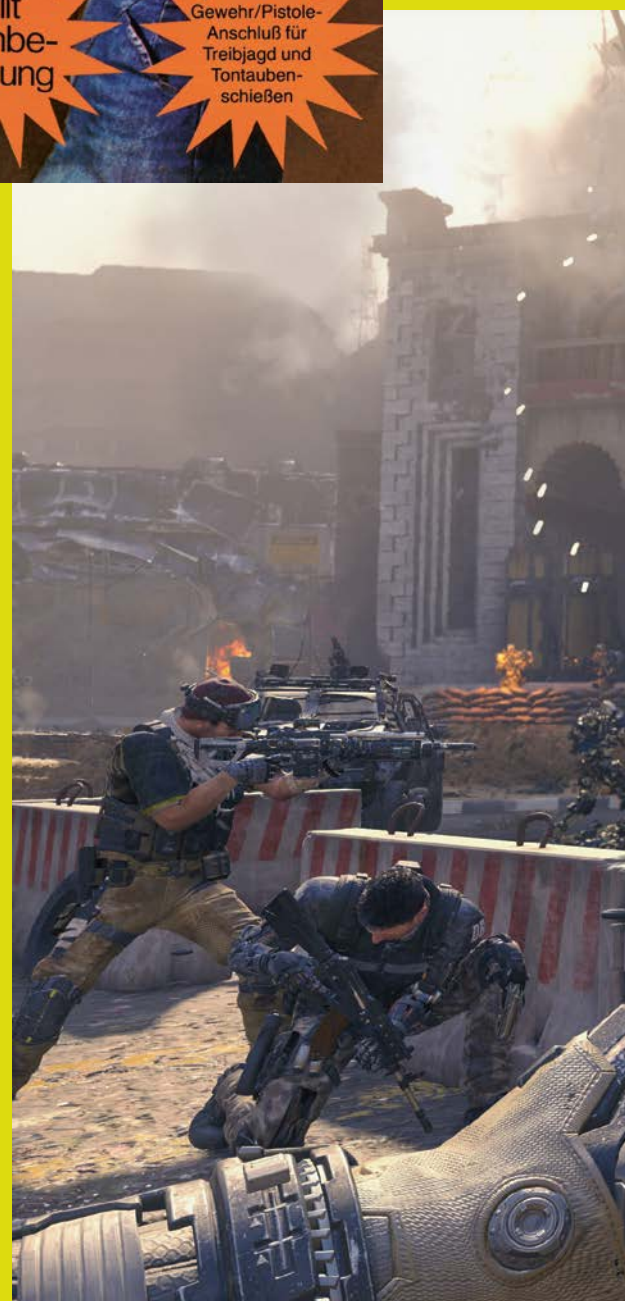


■ Console de jeu vidéo Universum Color-Multi-Spiel 4006 (Allemagne, environ 1976).

Photo: Keystone/Interfoto/TV-Yesterday

■ Black Ops III (Activision, 2015). Douzième volet de la série de jeu de tir à la première personne Call of Duty, lancée en 2003. Jusqu'à trois joueurs peuvent collaborer. Le jeu se déroule en 2065, alors que la frontière entre machines et humains s'estompe.

Photo: Activision Publishing Inc.





INTERVIEW

«Les pollinisateurs sont en déclin»

Markus Fischer/Ex-Press/BAFU



Le premier rapport de la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) est paru en février 2016. Son thème: la pollinisation. Explications de Markus Fischer de l'Université de Berne, membre de l'IPBES.

Pourquoi ce rapport s'est-il limité à une question aussi précise? L'objectif de l'IPBES n'est-il pas de donner une vue d'ensemble?

La plateforme veut répondre à des questions qui intéressent les gouvernements. Celles-ci peuvent être spécifiques – à l'instar du rôle de la pollinisation dans la

production de nourriture – ou être plus générales et porter sur la biodiversité et les services écologiques à l'échelle des continents. Un rapport global sur ce dernier thème paraîtra en 2019.

Quel sont les messages du premier rapport?

Il y en a trois. D'abord, les pollinisateurs – sauvages ou domestiques tels que les abeilles – possèdent une très grande valeur pour la production alimentaire, partout autour du monde. Ensuite, les pollinisateurs sauvages sont en déclin, et les abeilles sont sous pression. Finalement, il existe de nombreuses possibilités d'action pour les différents acteurs.

Formule-t-il des recommandations concrètes?

Non, car l'esprit de l'IPBES n'est pas de proposer des normes mais plutôt des options – comme réduire les effets nocifs des pesticides ou tirer parti des possibilités de l'agriculture biologique.

L'IPBES est comparée au GIEC, parfois critiquée. Que faites-vous autrement?

Une différence est que notre plateforme cherche davantage à apporter des réponses à des questions concrètes formulées par les représentants des gouvernements. Il est important d'acquiescer une légitimité externe: non seulement dans le monde académique, mais également au niveau politique.

Certains vous reprochent de négliger les autres acteurs de l'agriculture et de l'environnement.

Nos rapports sont rédigés par des experts qui incluent des scientifiques ainsi que des détenteurs de connaissances locales et traditionnelles.

NEWS

Citations ne riment pas avec qualité

Le facteur d'impact du journal dans lequel paraît un article influence davantage son nombre de citations sur dix ans que sa qualité, montre une étude de la Max Planck Society. Les auteurs ont analysé près de 10 000 articles publiés entre 2000 et 2004 en leur attribuant une «qualité» selon les avis d'experts exprimés sur F1000, une plateforme de recommandations. Autre facteur plus important que la qualité: le nombre de co-auteurs. doi.org/bdg4

Le Royaume-Uni musèle ses chercheurs

Le gouvernement britannique a annoncé le 6 février 2016 introduire une clause interdisant d'utiliser les subsides publics pour toute «activité visant à influencer des membres du parlement, du gouvernement ou de partis politiques». Les chercheurs entièrement financés par l'Etat ne peuvent ainsi plus participer à des campagnes médiatiques ou publiques. Au Canada, l'interdiction de parler aux médias pour des chercheurs d'institutions nationales a été levée en automne 2015.

La nouvelle pirate de la science

Lancé par la chercheuse du Kazakhstan Alexandra Elbakyan, le site Sci-hub met à disposition depuis 2011 plus de 48 millions d'articles scientifiques téléchargés via des logins institutionnels. La plateforme a perdu en justice contre Elsevier, mais reste disponible, notamment via le réseau anonyme Tor. Ce projet rappelle celui du programmeur et hacktiviste Aaron Swartz, qui s'était suicidé en 2013 après une action judiciaire du gouvernement américain.

Blog

Sur les traces de l'humain

Qu'est-ce que l'être humain? Le blog philosophique «Alles rund um den Menschen» (blogs.philosophie.ch/mensch) a réuni depuis janvier 2016 des contributions de philosophes. Morceaux choisis.

«Certains adeptes des neurosciences estiment que leur cerveau est leur moi.»

Dieter Teichert, Université de Lucerne

«Peut-on, au nom de la réalisation de soi, devenir égoïste? – Non.»

Satoshi Ishigami, Université de Bâle

«N'écoutez pas blasphémateurs et hérétiques, ils sont possédés par le diable!»

Philipp Bucher, Université de Lucerne

«Les humains sont des primates comme les chimpanzés, des mammifères comme les vaches, des vertébrés comme les poissons et des organismes pluricellulaires comme les chênes.»

Michael Hampe, ETH Zurich

«Quel robot immortel pourrait bien s'intéresser à nos bibliothèques si remplies?»

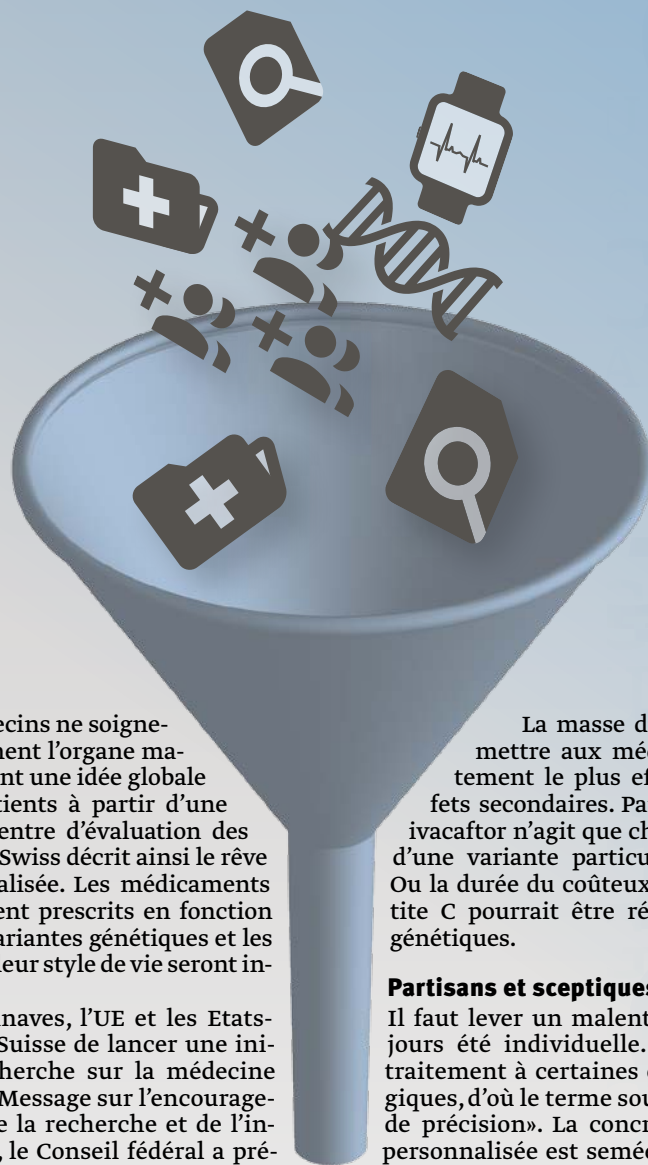
Reinhard Schulz, Université Carl von Ossietzky d'Oldenbourg, Allemagne

«L'homme est l'animal qui peut répondre à la question de savoir qui il est.»

Christian Steiner, Université de Bâle

Le patient, ses gènes et ses données

Une grande initiative nationale veut développer la médecine personnalisée en Suisse. Explications. *Par Florian Fisch*



A l'avenir, les médecins ne soigneront plus seulement l'organe malade mais se feront une idée globale de l'état des patients à partir d'une foule de données.» Le Centre d'évaluation des choix technologiques TA-Swiss décrit ainsi le rêve de la médecine personnalisée. Les médicaments ne seront plus uniquement prescrits en fonction d'un diagnostic, car les variantes génétiques et les données des patients sur leur style de vie seront intégrées dans la décision.

Après les pays scandinaves, l'UE et les Etats-Unis, c'est au tour de la Suisse de lancer une initiative nationale de recherche sur la médecine personnalisée. Dans son Message sur l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation de février 2016, le Conseil fédéral a prévu d'allouer 70 millions de francs sur quatre ans au Swiss Personalized Health Network. L'Académie suisse des sciences médicales (ASSM) devra coordonner les nombreuses initiatives locales qui existent déjà dans les hautes écoles et les hôpitaux et faciliter l'échange des données. «Ce réseau est nécessaire pour rendre le potentiel du Big Data utilisable dans le domaine de la santé», souligne Hermann Amstad, secrétaire général de l'ASSM.

La masse d'informations devrait permettre aux médecins d'identifier le traitement le plus efficace avec le moins d'effets secondaires. Par exemple, le médicament ivacaftor n'agit que chez les personnes atteintes d'une variante particulière de fibrose kystique. Ou la durée du coûteux traitement contre l'hépatite C pourrait être réduite, selon les variantes génétiques.

Partisans et sceptiques

Il faut lever un malentendu: la médecine a toujours été individuelle. Il s'agit ici d'adapter le traitement à certaines caractéristiques physiologiques, d'où le terme souvent utilisé de «médecine de précision». La concrétisation de la médecine personnalisée est semée d'embûches: les intérêts particuliers, la sécurité des données et la mise en pratique représentent autant d'obstacles de taille. Les sceptiques mettent en garde contre de faux espoirs, comme Timothy Caulfield, professeur en politique de la santé au Canada: «Il n'y a pour l'instant guère de raison de croire à l'avènement d'une révolution capable de baisser les coûts, de prolonger la vie et d'améliorer la santé publique, contrairement à ce que suggèrent ses partisans les plus enthousiastes.»

Les quatre piliers de la médecine personnalisée

Les nouveaux traitements devront combiner informations génétiques, échantillons et mesures effectuées par les patients eux-mêmes. Au cœur de l'effort: mettre en commun des banques de données hétérogènes.



E-PATIENT

Tirer parti des dossiers de patients

En 2013, Genève devient le premier canton suisse à lancer le dossier médical électronique – cinq ans après l'Estonie, Etat pionnier de l'e-gouvernement. Une initiative qui devrait être étendue à tout le pays, selon la Stratégie Cybersanté (eHealth) Suisse.

Ces dossiers électroniques peuvent bénéficier à la recherche lorsque les patients autorisent les chercheurs à accéder à leurs informations médicales ainsi qu'à leurs données stockées dans les biobanques. Cela permettrait par exemple de déterminer rétroactivement quels ont été les traitements les plus efficaces dans quel sous-groupe de patients ayant subi un AVC. Le psychiatre et auteur britannique Ben Goldacre rêve de grandes études cliniques où

les médecins seraient en mesure de tester de nouvelles variantes thérapeutiques.

De nombreux obstacles techniques, juridiques et éthiques restent à franchir. La première étape sera d'harmoniser les données, explique Torsten Schwede de l'Institut suisse de bioinformatique et directeur du Centre national de coordination des données: «Le terme «fièvre» utilisé dans un dossier bâlois ne correspond pas forcément exactement à la notion «d'hyperthermie» employée au CHUV à Lausanne. Déjà qu'au sein d'un seul et même établissement hospitalier, il est difficile de trouver un langage commun à la médecine interne et ophtalmique.»



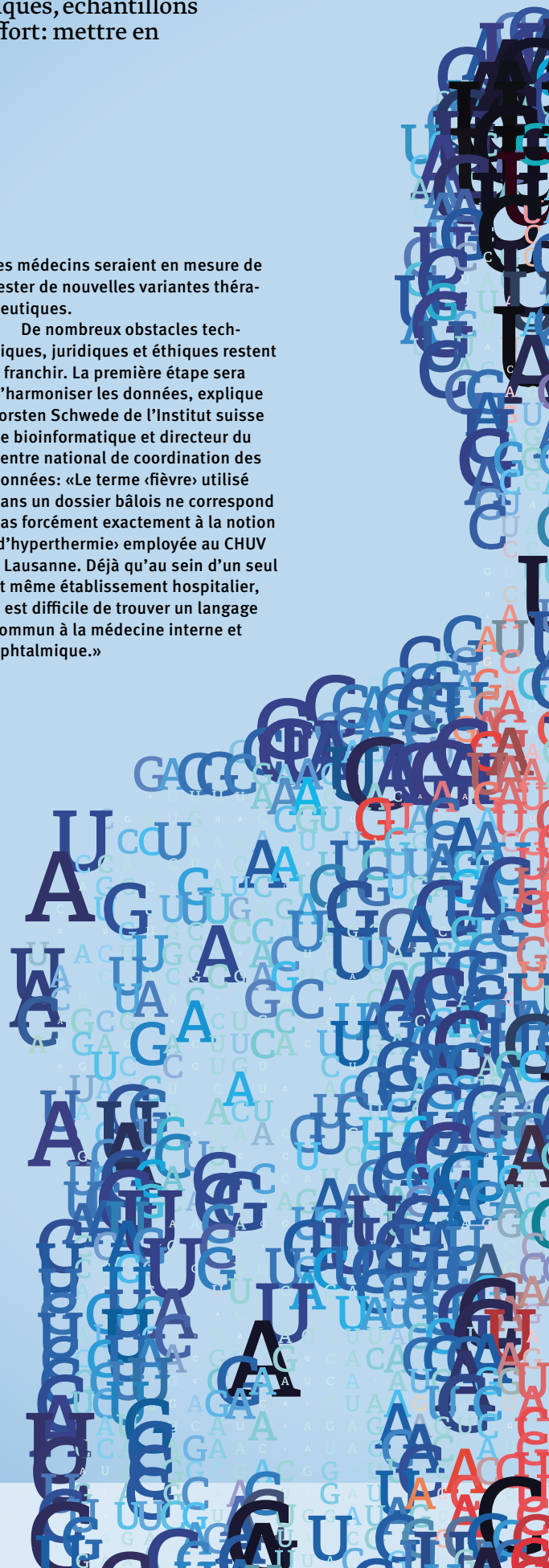
COHORTES

Comparer l'évolution de la maladie

Les séropositifs reçoivent en général une combinaison de trois antirétroviraux, aux effets secondaires parfois virulents: l'abacavir, par exemple, peut provoquer chez certains patients une chute de pression artérielle potentiellement mortelle et une fièvre élevée. Mais on peut éviter le risque de tels problèmes en testant auparavant le patient pour voir s'il porte la variante génétique HLA-B*5701, qui permet ainsi de personnaliser le traitement contre le VIH.

L'identification de ce genre de biomarqueurs nécessite des études de cohorte qui suivent un nombre important de patients dans différents groupes sur une longue période et de manière systématique.

Depuis vingt-huit ans, l'étude suisse de cohorte VIH prélève tous les six mois des échantillons de sang auprès de 10 000 patients et les stocke dans une biobanque. Son président, Huldrych Günthard de l'Hôpital universitaire de Zurich, estime que les cohortes représentent une base essentielle pour la médecine personnalisée. «Les diagnostics posés dans les hôpitaux sont partiellement biaisés par des facteurs économiques, comme le codage pour la facturation des forfaits par cas, explique le médecin. Dans la cohorte, nous documentons en revanche précisément l'évolution de la maladie et disposons d'une masse importante de données de laboratoire.»





QUANTIFIED SELF

Se mesurer 24h/24

La smartwatch enregistre le rythme de sommeil, un capteur intégré dans le T-shirt mesure le taux de glycémie. Le soir, les données sont envoyées sur un site Internet où les diabétiques partagent leurs expériences et peuvent être copiées dans le dossier électronique du patient. Chez le médecin, l'entretien considère ces informations collectées automatiquement et discute des options thérapeutiques proposées par un algorithme.

Telle est la vision d'Ernst Hafen, biologiste moléculaire à ETH Zurich et l'un des promoteurs de la médecine personnalisée en Suisse: «C'est comme un Google de la santé, qui intègre des données médicales individuelles à la place d'indica-

tions géographiques.» Le tout peut sembler utopique, mais de premières ébauches fonctionnent déjà. Les applis de «self tracking» sont légion. L'Université de Bâle mène actuellement une étude avec des podomètres pour étudier l'influence du mouvement sur le traitement du cancer. Porter un capteur électronique n'est pas forcément nécessaire: en documentant leur symptôme sur la plateforme web Patientslikeme, des personnes atteintes de sclérose latérale amyotrophique ont généré des données démontrant l'absence de bénéfice d'un traitement au lithium. Elles ont été publiées en 2011 dans Nature Biotechnology.



BIOBANQUES

Faire parler les échantillons cachés

Groupes de recherche et hôpitaux universitaires collectent et stockent depuis des années des échantillons d'ADN, de sang et de tissus. Une fois mis en relation avec les dossiers médicaux, ils constituent la colonne vertébrale de la médecine personnalisée. Mais la plupart des biobanques sont configurées pour les besoins de leur institution sans que l'on ait pensé à les rendre accessibles à d'autres chercheurs.

La Suisse compte plus de 300 biobanques, petites et grandes, estime Christine Currat, qui dirige la Swiss Biobanking Platform (SBP), fondée en avril 2016 et cofinancée par le Fonds national suisse. Cette structure devrait permettre aux chercheurs d'accéder aux précieuses informations collectées dans notre pays. Première tâche: établir une liste des biobanques existantes. L'objectif principal est d'harmoniser les procédures afin que les échantillons et documents puissent être mieux échangés.

«Les déclarations de consentement des patients demandent à être unifiées, et il faut surtout documenter précisément la manière dont les échantillons ont été collectés et stockés», explique Christine Currat. A long terme, la SBP devrait servir de portail d'entrée aux chercheurs en médecine et en biologie pour accéder aux différentes biobanques.

Les défis à surmonter

Pour s'imposer, la médecine de précision devra convaincre que la confidentialité des données peut être assurée et réussir à changer la pratique sur le terrain.



VIE PRIVÉE

Le casse-tête de la sécurité des données

Les données génomiques renseignent sur les caractéristiques d'un individu et les risques auxquels il est exposé, mais permettent aussi de tirer des déductions pour les membres de sa famille. Elles jouissent d'une importante protection juridique qui devrait être étendue à l'ensemble des données personnelles, recommande TA-Swiss. L'exemple du programme anglais de mise en réseau de toutes les données cliniques montre à quel point la confiance de la population est importante. En 2014, il a été suspendu pendant un an à la suite de critiques suscitées par la réutilisation possible des données. Pour Ernst

Hafen d'ETH Zurich, «seul l'individu a le droit de mettre ses données à disposition d'autrui». Son association Data and Health milite pour une souveraineté numérique.

Cela ne résout toutefois pas le problème de l'anonymisation. Un taux de cholestérol ne suffit pas pour remonter à un individu, mais l'établissement d'un lien entre cette donnée et d'autres informations peut permettre une identification. «Il ne faut mettre à disposition que les données nécessaires pour le projet de recherche, et leur utilisation doit être conforme au consentement du patient», estime Torsten Schwede de

l'Institut suisse de bioinformatique. Les scientifiques devraient travailler sur une plateforme de recherche sécurisée où les données délicates sont cryptées, comme cela se fait déjà dans le cadre des projets de recherche sur le génome.

Professeure de droit à l'Université de Zurich, Brigitte Tag aspire avant tout à un cadre juridique national sûr: «Dans la recherche sur l'être humain, la collecte, le stockage et le traitement de données devraient être réglés de manière uniforme. Les chercheurs en profiteraient aussi.»



MÉDECINE FONDÉE SUR LES PREUVES

La résistance des praticiens

«Avec le progrès de la médecine fondée sur les preuves, une partie de l'art médical s'est perdu», écrivait récemment Joseph Fins, médecin et éthicien au Weill Cornell Medical College à New York dans la revue The Hastings Center Report. Lors d'un sondage mené par Cochrane Suisse en 2015, un quart des généralistes ne trouvait «peu utile» la médecine fondée sur les preuves.

«Les chercheurs pensent à leur carrière, les firmes à leur profit et le médecin se trouve quelque part au milieu, mal informé des deux côtés»,

déclarait le directeur de Cochrane Allemagne Gerd Antes à la télévision d'outre-Rhin.

L'information factuelle issue de la recherche médicale reste très confuse: des études cliniques pratiquement identiques sont répétées à l'envi, près de la moitié des travaux ne sont jamais publiés et le transfert de connaissances est mal organisé. La conséquence en est une sur- ou sous-médicalisation. Or, la médecine personnalisée épaissit encore davantage la jungle des informations.

«Clairement, nous devons améliorer le système d'information», opine Bernard Burnand, directeur de Cochrane Suisse. Dans son rapport de 2014, TA-Swiss recommande d'accorder plus de poids à l'interprétation des données dans la formation des médecins. «Les réglementations des essais cliniques se durciront encore, observe Bernard Burnand. Ce qui manque aujourd'hui, c'est la vérification de l'efficacité des thérapies dans la pratique.»

Florian Fisch est rédacteur scientifique au FNS.

Unir les forces: Swiss Personalized Health Network. Bulletin de l'ASSM (1/2016)
La médecine prédictive. Résumé de l'étude de TA-Swiss (2014)

«Il ne faut jamais faire de promesses inconsidérées»

Patrick Aebischer quittera fin 2016 la présidence de l'EPFL. En seize ans, le Fribourgeois a totalement transformé l'école lausannoise et l'a hissée parmi les meilleures institutions mondiales. Un bilan. *Par Daniel Saraga*



«Pour travailler à l'interface des disciplines, il faut casser les limites institutionnelles.»

En 2000, un outsider complet prend la barre de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL): Patrick Aebischer, 44 ans, professeur au Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV). Son projet est d'incorporer les sciences de la vie dans l'école technique, de l'américaniser et de la rendre plus compétitive.

Mais les débuts sont houleux. Alors que professeurs, étudiants et industriels refusent ses projets ou réclament son départ, Patrick Aebischer pose ses conditions: il veut pouvoir nommer ses vice-présidents. Il refuse d'entrer dans son bureau jusqu'à ce que le Conseil des EPF cède, après un bras de fer qui aura duré deux semaines. Seize ans plus tard, les objectifs sont atteints, voire surpassés: l'EPFL produit l'une des meilleures recherches d'Europe et accumule les projets à haute visibilité, du Human Brain Project à Solar Impulse en passant par le Rolex Learning Center. Mais le «style Aebischer» - visionnaire et volontariste - soulève aussi des critiques. Le président de l'EPFL a reçu Horizons au printemps 2016 pour défendre sa vision du monde académique et du leadership.

Vous avez commencé votre mandat par une épreuve de force. Était-ce du bluff?

On me refusait la nomination de mon équipe de direction. C'était quitte ou double: si ça ne marchait pas, je retournerais aux Etats-Unis. J'avais clairement expliqué mes intentions. Le Conseil pensait peut-être que je serais différent une fois nommé... Choisir mon équipe était nécessaire pour mener à bien mes projets. Cette confrontation n'a pas été facile à vivre: on prend des coups de partout - c'est comme être dans une machine à laver! Il ne s'agissait d'ailleurs pas d'un choix évident pour moi, car j'étais heureux en tant que chercheur. J'y vois aussi l'inconscience de l'âge.

Vous êtes venu d'une autre institution et d'une autre discipline, la médecine. Ce type de brassage manque-t-il en Suisse?

Oui, il est trop rare. Il peut donner une forme de liberté. Il y a des moments dans l'histoire d'une institution où il faut réformer en profondeur, et apporter du sang nouveau aide. Cela dit, pour un poste de président de l'EPFL, il y a des impératifs politiques; on doit connaître le pays.

Votre succession s'inscrit dans la continuité: Martin Vetterli a 58 ans et enseigne à l'EPFL depuis deux décennies. Un problème?

Non, il ne faut pas tout changer à chaque fois, et l'EPFL entre dans une phase de consolidation, même si je n'aime pas ce mot. J'ai un grand respect pour Martin. Au prochain tour, c'est la génération suivante qui devrait prendre les rênes.

«Le modèle américain m'a profondément marqué.»

Vos trois victoires les plus importantes à l'EPFL?

C'est la tenure track pour jeunes professeurs assistants, le développement de l'école doctorale et celui des facultés.

Le tenure track, c'est l'indépendance académique pour les jeunes chercheurs. Il leur donne la possibilité de réaliser leurs propres projets de recherche et d'ouvrir de nouvelles voies. Cela a totalement transformé l'EPFL.

Ensuite, l'école doctorale. On invite des candidats à postuler afin de sélectionner les meilleurs. Les professeurs sont eux aussi mis en compétition, car les doctorants choisissent finalement quel groupe rejoindre.

Quand je suis arrivé, il y avait douze départements dont les directeurs changeaient

tous les deux ans. Nous les avons regroupés au sein de cinq facultés et créé des postes de doyens pour une durée renouvelable de quatre ans. Ceux-ci assument beaucoup de responsabilités, dont l'engagement des meilleurs enseignants-chercheurs.

Malgré les résistances, vous avez réussi à changer beaucoup de choses. Votre technique?

Je n'ai pratiquement pas voyagé pendant les deux premières années pour faire du «management by walking around»: rencontrer les professeurs à l'interne et les convaincre personnellement. Je me suis beaucoup appuyé sur les chercheurs qui connaissaient bien le système américain et comprenaient mon projet.

«Ce ne sont pas nos scientifiques qui risquent d'être manipulés par l'industrie, mais l'inverse.»

Votre révolution à l'EPFL en 2000 a réussi; celle d'Ernst Hafen à ETH Zurich six ans plus tard échoué. Pourquoi?

Tout ce qu'il voulait faire me paraissait juste. Mais les cultures sont différentes, et notre grande sœur zurichoise comptait alors proportionnellement moins de chercheurs ayant fait leur carrière aux Etats-Unis. Son histoire est bien plus ancienne que la nôtre, ce qui rend les réformes plus difficiles.

On revient toujours au modèle américain.

Oui, c'est une culture qui m'a profondément marqué, un système méritocratique et qui encourage l'innovation. De nombreux chercheurs suisses ou européens qui y travaillent souhaitent rentrer souvent pour des raisons familiales, mais veulent y trouver un environnement à la hauteur de ce qu'ils connaissent aux Etats-Unis. C'est ce que nous avons essayé de créer à l'EPFL. Aux Etats-Unis, les gens sont très fiers de porter le nom de leur université - nous voulons développer le brand EPFL. Quand un chauffeur de taxi lausannois se dit fier de l'Ecole, vous avez réussi.

Le Strategic Advisory Board de l'Ecole comprend de nombreux industriels.

En plus de la formation et de la recherche, nous avons la mission de transférer nos connaissances. Nos étudiants doivent trouver des emplois, et nous devons comprendre ce que l'économie privée recherche chez nos diplômés. Plusieurs membres du Board ont également soutenus financièrement des grands projets de l'Ecole.

Une de nos grandes réussites, c'est le Quartier de l'innovation qui réunit plus de cent startups et des entreprises importantes telles que Nestlé, Intel, Peugeot ou Logitech. Notre excellente recherche doit participer au développement économique de la Suisse romande. Je me réjouis de constater que le nombre de nos étudiants

qui se lancent dans la création de startups augmente sensiblement.

Votre présidence, c'est aussi celle du sponsoring privé...

Tout le monde en Suisse pensait que le fundraising était impossible, mais en fait personne n'avait jamais vraiment essayé. J'ai passé beaucoup de temps à bâtir un réseau. Avoir grandi dans un milieu artistique m'a aidé, en me mettant à l'aise dans toutes les couches de la société.

Les chaires sponsorisées ont été critiquées. Pourquoi donner un droit de veto quant au choix du titulaire de la chaire?

Il est normal que l'entreprise qui subventionne une chaire ait un droit de regard sur le chercheur nommé. En cas de désaccord, elle peut refuser de la financer, mais pas nous empêcher d'engager la personne. Une chaire sponsorisée jouit de la même liberté académique que les chaires soutenues par le secteur public.

Mais cette question devrait déjà être réglée par la description de la chaire.

C'est pourquoi ce n'est jamais arrivé.

Vous avez accordé les droits de propriété intellectuelle à Rolex pour des recherches communes. N'est-ce pas discutable?

Habituellement, on négocie des royalties basées sur l'octroi de licences. Dans le cas de Rolex, nous les avons cédées en compensation des montants importants que l'entreprise était prête à mettre pour la construction du Learning Center. Ils dépassaient tout ce que l'on aurait pu espérer un jour de royalties. Rolex a permis de réaliser quelque chose d'essentiel pour l'Ecole.

La Suisse offre un soutien à la recherche fondamentale unique au monde. La proximité avec l'industrie peut l'affaiblir.

Ce soutien est crucial. Sans recherche fondamentale, il n'y a pas de valorisation possible. Près d'un tiers de nos professeurs ont décroché une bourse ERC, et nous publions fréquemment dans les meilleurs journaux scientifiques. Tout ça, c'est de la recherche fondamentale! Ce ne sont pas nos scientifiques qui risquent d'être manipulés par l'industrie, mais l'inverse: les entreprises se rapprochent de nous pour éviter le risque de rater la prochaine percée technologique.

La croissance de l'EPFL s'est aussi construite sur le succès des autres, avec l'intégration de l'Institut de micro-technique (IMT) à Neuchâtel ou du centre de recherche sur le cancer ISREC. N'est-ce pas décourageant pour une institution de voir partir leur recherche de qualité?

C'était notre responsabilité de reprendre l'IMT, car l'Université de Neuchâtel n'avait pas les moyens de soutenir sa croissance nécessaire. Elle a pu ensuite réinvestir dans des domaines stratégiques l'argent dégagé par cette reprise. L'IMT était constitué de quatre chaires, aujourd'hui il en compte douze. Tout le monde a été gagnant. La même chose peut être dite à propos de l'ISREC, qui ne pouvait assurer sa croissance dans un domaine de recherche onéreux.

L'EPFL est connue pour annoncer des programmes spectaculaires avant de pouvoir présenter des résultats concrets, comme avec le Human Brain Project (HBP) et le Venice Time Machine. Ne craignez-vous pas un retour de bâton si les projets n'aboutissent pas?

Le Human Brain Project a été construit sur le projet Blue Brain de l'EPFL qui avait déjà accumulé suffisamment de résultats pour remporter un des deux «FET-Flagship Project» financés par l'Union européenne à hauteur d'un milliard d'euros sur dix ans. Deux ans après son lancement, le HBP vient de publier un important article scientifique dans Cell. Je vous accorde cependant qu'il est difficile en science de prévoir les retombées sur dix ans. Le Human Genome Project avait promis beaucoup de choses à l'époque de son lancement. Il a fallu plus de temps qu'escompté pour montrer son impact sur la médecine. Plus personne ne conteste aujourd'hui le bien-fondé du projet. J'espère qu'il en sera de même pour le HBP.

Vous ne voyez pas de limites à ce que les chercheurs peuvent promettre?

Il ne faut jamais faire de promesses inconsidérées, en particulier dans le domaine médical.

Vous partirez avec regret?

Je serai heureux d'être de nouveau un homme libre. J'ai adoré ce poste, mais c'est aussi une bataille continue contre l'immobilisme, la hantise du risque, l'esprit procédurier.

Vos projets concrets?

Ce qui me passionne, c'est de mettre ensemble des mondes différents: la science, la technologie, l'entrepreneuriat, l'art. Les grands projets seront interdisciplinaires et intégratifs. Pour travailler à l'interface des disciplines, il faut casser les limites institutionnelles, se libérer des contraintes administratives superflues et créer les espaces de liberté nécessaires.

La première chose que vous allez faire en quittant votre bureau en décembre 2016?

Nous organisons une grande fête de Noël pour toute l'Ecole au cours de laquelle je passerai le témoin à Martin (Vetterli, ndlr). Ensuite, je me rendrai en Afrique du Sud pour rejoindre une expédition polaire organisée par le Swiss Polar Institute, un nouveau projet de l'EPFL.

Daniel Saraga est rédacteur en chef d'Horizons.

De l'art à la science

Né dans une famille d'artistes à Fribourg, Patrick Aebischer a étudié la médecine et les neurosciences à Genève et Fribourg avant de passer huit ans aux Etats-Unis à l'Université Brown. Il revient en Suisse en 1992 comme professeur au CHUV à Lausanne. En 2000, il prend les rênes de l'EPFL, sans délaisser ses recherches: un matin par semaine, il se rend dans son laboratoire du Brain Mind Institute (il a publié 126 articles durant sa présidence, le dernier proposant un implant contre la maladie d'Alzheimer). Il a co-fondé trois startups.

L'ère Aebischer

L'EPFL a désormais rejoint les meilleures institutions de recherche mondiales. Près d'un tiers de ses professeurs, confirmés ou tenure track, ont obtenu une bourse européenne ERC, un jalon de qualité reconnu dans le monde académique.

La haute école lausannoise accumule les actions de prestige dans le domaine de la recherche (Human Brain Project, Venice Time Machine), des partenariats (Alinghi, Solar Impulse, Nestlé Health Institute, Campus Biotech) ou encore de l'architecture (Rolex Learning Center, Swiss Tech Center). Elle veut également se profiler sur le plan académique, notamment en étant l'une des premières en Europe à s'investir dans les MOOCs (cours en ligne), en s'engageant en Afrique francophone ou en créant des chaires pour les domaines émergents et interdisciplinaires (Digital Humanities, neuroprothèses, etc.).

En chiffres

	2000	2015
Nombre d'étudiants	4899	10 124
Doctorants	702	2077
Postdocs	100	825
Professeurs	180	380
Ranking (ARWU/QS)	177/32 ^a	126/14
Startups fondées en cinq ans	52 ^b	81 ^c
Fonds levés par les startups en cinq ans (CHF)	100 mio ^b	700 mio ^c

^a 2004

^b période 2000–2004

^c période 2011–2015

L'historienne des petites gens

Sabine Huebner se penche sur la vie quotidienne de la Rome antique, entre familles recomposées et recettes de cuisine. *Par Pascale Hofmeier*

Tout remonte à une journée de printemps sur la Via Appia. Sabine Huebner avait 12 ans et se promenait avec ses parents sur l'ancienne voie romaine. «L'histoire du lieu m'a tellement impressionnée que j'ai voulu depuis ce jour étudier la Rome antique.» Cet enthousiasme d'enfance a débouché sur des études de grec ancien, de latin et d'histoire ainsi que sur une carrière académique exemplaire. Aux études à Münster (Allemagne) et Rome succèdent un doctorat et un séjour de recherche de cinq ans aux Etats-Unis, notamment à l'Université de Californie à Berkeley et à l'Institute for Advanced Study à Princeton. Après son habilitation en histoire ancienne à l'Université libre de Berlin, elle décroche une bourse Heisenberg de la Deutsche Forschungsgemeinschaft pour mener des recherches à Paris et à Rome. «J'ai toujours été persuadée que j'allais rester dans le monde de la science, glisse la chercheuse. L'Université de Bâle est ma destination de rêve.»

La jeune femme de 39 ans est assise, décontractée, dans son bureau bien rangé: un ordinateur, une table et deux étagères pleines de livres. L'une d'elles contient les grandes œuvres des auteurs classiques. Le travail de Sabine Huebner ne porte toutefois pas sur Cicéron, Homère ou la destinée des empereurs, mais sur l'existence des gens ordinaires.

La longue liste de ses publications et son travail d'édition le montrent clairement: son cœur bat pour la vie quotidienne durant l'Antiquité. Nombre de ses travaux traitent de l'histoire sociale, économique et religieuse des «petites gens» et de la vie familiale. «Une part importante des enfants grandissait sans père», explique-t-elle. Les hommes se mariaient en effet plus tard que les femmes et mouraient souvent alors que les enfants n'étaient pas encore adultes. «A une époque où les taux de mortalité et

de divorce étaient élevés, les familles recomposées ou monoparentales étaient quelque chose de tout à fait normal.» L'historienne fait un parallèle avec la réalité d'aujourd'hui: «Lorsque nous parlons de famille, nous pensons souvent à un idéal des années 1950. Mais celui-ci n'a jamais existé à d'autres moments.»

L'efficacité sans stress

La chercheuse et mère de bientôt trois enfants aborde d'elle-même sa propre situation familiale. «On me demande sans cesse comment je parviens à concilier carrière scientifique et famille. Cela m'irrite parfois: est-ce qu'on poserait la même question à un professeur et père?» Quand sa carrière l'oblige à déménager de pays en pays, la famille la suit. «J'ai toujours considéré la mobilité exigée des jeunes chercheurs comme une chance, jamais comme une charge.» Elle trouve le temps pour son jogging quotidien, et cela ne la stresse pas de répondre à des courriels le week-end. «Je crois que je suis simplement efficace.»

Une qualité que confirme son directeur de thèse Walter Ameling, historien de l'Antiquité aujourd'hui à l'Université de Cologne: «Contrairement à de nombreux autres boursiers, elle a respecté le délai de trois ans qui lui était donné pour son doctorat à Iéna.» Un autre trait de caractère l'a frappé: son indépendance. «Elle voulait dès le départ rester dans le monde scientifique. Elle a choisi ses thèmes de recherche et s'est préoccupée du financement de façon autonome.»

Paysans et artisans

Cette détermination pourrait être interprétée comme l'expression d'une efficacité typiquement germanique qui va droit au but. Mais un tel jugement ne colle pas du tout avec la personnalité de Sabine Huebner, ni avec la perception qu'en ont les autres. «Ce

Valérie Chérelat





«Je crois que je suis simplement efficace.»

n'est pas quelqu'un qui joue des coudes, dit un collaborateur. Sa porte reste toujours ouverte et elle travaille en équipe.»

Son projet actuel veut rendre publique la collection bâloise de papyrus, des sources importantes pour l'histoire sociale de l'Antiquité. «Ils nous donnent un aperçu du quotidien des gens ordinaires et forment, en raison de leur caractère direct et personnel, une catégorie de textes particulièrement fascinante», explique Sabine Huebner. Dans ces papyrus, des paysans, des artisans et des bergers, leurs femmes et enfants ainsi que d'autres groupes sociaux jamais évoqués dans la littérature de l'Antiquité «se parlent entre eux, et à nous». L'Université de Bâle avait acquis ces documents à la fin du XIXe siècle, à une époque où les instituts de recherche se livraient à une concurrence à l'échelle mondiale pour mettre la main sur les pièces les plus convoitées. La collection est ensuite tombée dans l'oubli pendant un siècle.

Une recette de poisson

Il n'existe qu'une vieille édition incomplète des quelque 65 textes. La plupart consiste en des contrats, des lettres et des quittances écrits en grec, latin, copte et hiéroglyphes. On y trouve aussi une transcription de l'Iliade d'Homère et une lettre personnelle du début du IIIe siècle dans laquelle deux frères nommés Arrian et Paul évoquent le quotidien et parlent, entre autres, de sauce pour poisson. Une sensation, car les deux hommes sont chrétiens: «Nous avons récemment montré qu'il s'agissait de la plus ancienne lettre privée chrétienne sur papyrus. Elle a été rédigée plus de cinquante ans avant les autres écrits comparables.» Sabine Huebner espère ainsi en savoir plus sur la christianisation de l'Égypte et sur les processus de transformation sociale.

Le projet d'édition de la collection bâloise fera l'objet d'une exposition au

printemps 2017. «Le dialogue entre la science et le public est important. De nouvelles découvertes sur l'Antiquité peuvent fasciner de larges couches de la population, aujourd'hui encore», note la chercheuse qui regrette que l'histoire ancienne disparaisse lentement des salles de classe. «L'histoire ne débute pas au Moyen Âge. La philosophie grecque, la conception athénienne de la démocratie, le droit romain ou encore l'idéal de beauté antique continuent de marquer très fortement la culture européenne.»

Pascale Hofmeier est rédactrice scientifique au FNS.

De Münster à Bâle

Aînée des trois filles d'un couple d'enseignants, Sabine Huebner, 39 ans, a grandi dans la région de Münster, en Allemagne. Elle vit aujourd'hui en Alsace avec son mari, l'auteur français Stéphane Piatzszek, et leurs deux enfants de 2 et 5 ans. La naissance d'un troisième est attendue pour bientôt. Elle a étudié le grec ancien, le latin et l'histoire à Münster, Berlin et Rome. En 2005, elle a obtenu son doctorat à l'Université de Léna (Allemagne) avec une thèse sur l'organisation ecclésiastique à la fin de l'Antiquité, puis son habilitation en 2010 à l'Université libre de Berlin avec un travail sur la famille dans l'Égypte romaine. Depuis 2014, elle est professeure assistante à l'Université de Bâle où elle dirige la section d'histoire ancienne.



La vallée de Safien dans les Grisons est parsemée de centaines de petites granges. Aujourd'hui rendues inutiles par l'agriculture moderne, elles attendent une

Croissance impossible, décroissance impensable

Un repli maîtrisé pourrait résoudre les problèmes des régions de montagne isolées. Mais le concept reste inacceptable pour la politique et la société.

Par Atlant Bieri



seconde vie. Photo: Keystone/Arno Balzarini

Les temps sont durs pour les régions de montagne. L'économie stagne, la population diminue. Parmi les stratégies porteuses d'avenir, une option a plusieurs fois été évoquée, mais sans succès: la contraction économique des régions et la désaffectation des villages. Une rencontre organisée par la Commission interacadémique pour les études alpines s'est penchée début 2016 sur les scénarios permettant à ce processus d'involution d'être mené de façon ordonnée et équitable. Mettre ces concepts à l'ordre du jour s'annonce cependant difficile.

Rapetisser plutôt que croître reste tabou dans la population et dans le monde politique. Une manière de penser liée au fait que les Alpes ont traditionnellement été considérées comme «une machine à faire de l'argent», propose l'historien Jon Mathieu du Séminaire d'histoire de l'Université de Lucerne: «Les Alpes occupent depuis des siècles une situation centrale en Europe, à la convergence de régions très développées comme celles de Venise, Milan, Munich ou Lyon.» Cela a très fortement encouragé le tourisme. «Aujourd'hui, les Alpes ont toutefois perdu leur monopole.» Voyager est devenu moins onéreux, et les paysages alpins entrent en concurrence avec bien d'autres sites dans le monde entier. Les revenus du tourisme hivernal sont par ailleurs menacés par le réchauffement climatique.

«La contraction est exclue du débat politique.»

Stefan Forster, ZHAW

L'agriculture est également sous pression. En Suisse, trois exploitations disparaissent chaque jour, dont une dans les Alpes. Et un autre secteur économique est en train de se désagréger: l'armée. Jusque dans les années 1980, elle a fait par exemple vivre la moitié des habitants d'Andermatt, mais a depuis redimensionné ses places d'armes.

Le coût du repli

Le dépeuplement est ce qui touche le plus durement les villages. «Les jeunes sont avides de loisirs, de culture, de cinéma et de distractions. Dans ces domaines, la campagne ne peut pas rivaliser avec la ville», note Dieter Rink, sociologue au Helmholtz-Zentrum de l'Université de Leipzig.

Pour lui, le processus à l'œuvre dans les régions de montagne est en substance le même que celui qui s'est déroulé dans l'ex-RDA: après la chute du mur, beaucoup de gens ont déménagé en Allemagne de l'Ouest. Des villes se sont transformées en cités fantômes. L'Etat est finalement intervenu et a mis des fonds à disposition pour démolir des maisons vides à la périphérie et rénover d'anciens bâtiments au centre. Depuis 2002, le gouvernement fédéral a dépensé quelque trois milliards de francs dans cette opération.

Demander à l'Etat de financer et d'accompagner un repli organisé serait aussi sensé dans les régions alpines. Rien ne le permet toutefois actuellement. «Faire une pause n'est pas encore une option, souligne Stefan Forster, responsable du secteur de recherche agriculture et tourisme à la Haute école des sciences appliquées de Zurich (ZHAW). La politique régionale de la Confédération est axée sur la croissance et non sur la contraction. Cette dernière est exclue du débat.»

L'urgence de trouver la bonne notion

L'Office de l'économie et du tourisme du canton des Grisons a néanmoins tenté un essai. Il a publié en 2009 un rapport sur les stratégies pour les zones à faible potentiel. «On voulait en fait uniquement voir où le problème de la contraction devait être appréhendé en priorité», précise Stefan Forster. Le résultat comprenait une carte marquant en rouge les zones à faible potentiel, comme la région du Rhin postérieur, le val Müstair ou le Schanfigg, entre Coire et Arosa. «Cela a provoqué un tollé dans les médias, raconte le chercheur. Les présidents de commune étaient indignés.» A peine lancé, le projet a été enterré.

L'une des raisons: la notion même de décroissance n'est pas tolérée en Suisse. L'Allemagne a découvert l'euphémisme de «Lean City» (ville svelte), mais «celui-ci ne s'est pas imposé», note Dieter Rink. L'UE utilise une combinaison alambiquée: «Cities Regrowing Smaller». Seuls les Etats-Unis semblent avoir trouvé le bon terme. Pour des villes autrefois prospères qui, comme Detroit, connaissent le déclin, les maires ont inventé l'expression «Legacy City» ou «ville-héritage». La notion met en avant les atouts du lieu et passe sous silence les côtés négatifs.

La Suisse reste très éloignée d'un tel succès lexical. Pas étonnant: la Confédération,



Des décombres d'un bâtiment à Leipzig. La ville a investi de façon ponctuelle dans la démolition de logements vides.

Photo: Keystone/Caro/Hechtenberg

les cantons et les communes essayent par tous les moyens de lutter contre le repli. «Il y a une pression permanente pour innover, explique Stefan Forster. On tient des réunions et on organise des brainstormings. Beaucoup d'argent est investi de cette façon dans des projets de développement qui finissent par ne pas fonctionner.»

Croissance à tout prix

Andermatt représente un exemple parlant. Depuis six ans, l'investisseur égyptien Samih Sawiris tente d'y construire un complexe de luxe sur un ancien terrain militaire: des hôtels, des douzaines de résidences et des centaines d'appartements de vacances ainsi qu'un terrain de golf. Jusqu'ici, seul un hôtel sur les six prévus a été inauguré et les hôtes ne sont pas légion. Le chercheur de la ZHAW doute que les plans soient respectés.

«D'autres pays y arrivent.»

Dieter Rink, sociologue, Leipzig

Le dernier grand projet alpin est le parc d'attraction Heidi sur le Flumserberg (SG), une autre région qui doit faire face à une baisse du nombre de visiteurs. Il est prévu de créer un village Heidi avec une fromagerie, des maisons de vacances, un restaurant et une place de jeu, accompagnés de deux nouveaux hôtels et un parking de 400 places. Avec ce projet, le canton de Saint-Gall espère attirer davantage de touristes dans cette zone périphérique. Les coûts d'investissement s'élèvent à 100 millions de francs.

En votation populaire, de tels projets sont en général acceptés, même si des surfaces agricoles sont sacrifiées pour la réalisation d'un terrain de golf ou d'un hôtel. «Ces régions veulent à tout prix arrêter le processus de repli, et la population est prête à toutes les concessions», argue Dieter Rink.

Small is beautiful

Il vaudrait pourtant parfois mieux utiliser cet argent pour financer une décroissance maîtrisée. Car même si celle-ci est connotée négativement, elle peut avoir des avantages. Lorsque le nombre d'élèves diminue dans un village en raison du dépeuplement, l'enseignant a plus de temps à consacrer à ceux qui restent. La qualité des cours s'en trouve améliorée. «Le canton doit alors bien sûr entretenir davantage d'écoles et cela coûte, fait valoir Dieter Rink. Mais d'autres pays y arrivent. En Finlande, l'Etat maintient des petites écoles dans les nombreuses zones peu peuplées.

Les villages isolés ont aussi leur charme et offrent une alternative à la vie stressante des villes. «Des gens déménagent pour cette raison dans des régions périphériques, des personnes jeunes et hautement qualifiées qui travaillent à distance sur ordinateur», indique Colette Peter, sociologue et directrice de l'Institut de développement socio-culturel à la Haute école de Lucerne.

Malgré ces atouts, aucun village n'a sciemment choisi jusqu'ici le chemin de la décroissance. Seules de timides initiatives ont été lancées, par exemple dans la vallée de Safien (Grisons), dont le paysage est marqué par des centaines de petites granges dans lesquelles les paysans conservaient

autrefois le foin. «La population ne sait pas encore ce qu'elle veut faire de ces bâtiments historiques, avance Stefan Forster. Mais la prochaine génération le saura peut-être.» C'est pourquoi de l'argent est récolté pour leur rénovation. Les granges peuvent ainsi s'accorder une pause jusqu'à ce qu'une nouvelle utilisation soit trouvée.

Cet exemple illustre aussi ce que Jon Mathieu considère comme central pour l'avenir des Alpes. Selon lui, il ne faut pas imposer une solution à la population mais l'associer au processus. «C'est le plus important.»

Atlant Bieri est journaliste scientifique.



La première trépanation, visible sur l'image, ne fut pas fatale. La seconde, si.

Trépanations 400 av. J.-C.

Des guérisseurs ouvraient déjà le crâne de leurs patients à la fin de l'âge du fer, probablement pour soulager des maux de tête ou soigner des blessures. Ils maîtrisaient différentes techniques de trépanation, avec des taux de survie variables. Un quart des sujets survivaient à l'intervention dans les territoires que recouvrent aujourd'hui la Grande-Bretagne, contre plus de trois quarts pour l'ancienne Suisse. Cette découverte a été effectuée par des chercheuses du département d'anthropologie de l'Institut de médecine légale de l'Université de Berne, sous la direction de Sandra Lösch.

Elles ont elles-mêmes analysé les squelettes de la nécropole celtique de Münsingen (BE) mise au jour en 1906. Deux des 77 crânes bien conservés présentent des lésions qui sont typiques des trépanations. Chez ces deux hommes adultes, la partie gauche de la boîte crânienne a été opérée suite à des blessures probablement contractées lors de combats.

Le plus jeune, dont l'os pariétal a d'abord été raclé avant d'être percé, est mort lors de l'opération. Le plus âgé a été opéré deux fois. «Le fait qu'il a survécu à la première trépanation est clairement attesté par les traces de guérison à la surface de l'os, où un nouveau tissu osseux s'est formé», explique l'équipe de recherche. L'étude montre que pour le site de Münsingen, le taux de survie en fonction du nombre d'interventions s'élève à 33%. Il est difficile de savoir comment les opérations se sont déroulées précisément, car il n'y a pas de sources écrites. Les scientifiques supposent que l'on administrait aux patients des plantes médicinales ayant des effets anesthésiants et antibactériens.

Anne-Careen Stoltze

N. Moghaddam et al.: Survival after trepanation – Early cranial surgery from late Iron Age Switzerland. *International Journal of Paleopathology* (2015)

La voix du parti

Depuis 2014, les conseillers et conseillères aux Etats votent de manière électronique et non plus à main levée. Le changement a eu des conséquences: la proportion de députés ne suivant pas la ligne de leur parti est passée d'environ 10% à moins de 6%. Le recul a été particulièrement important au sein des grandes formations telles que l'UDC et le PS. Le comportement de vote des conseillers nationaux et aux Etats s'est par ailleurs rapproché.

«Une pression latente semble être présente: la conscience que son vote peut être contrôlé», explique Katharina Hofer de l'Institut suisse de recherche économique empirique à l'Université de Saint-Gall. En règle générale, les parlementaires suisses ne s'exposent pourtant pas à des mesures disciplinaires comme une exclusion du parti. Une étude veut donc analyser les facteurs qui les influencent dans leurs décisions.

De premiers indices sont fournis par une autre étude menée aux universités de Bâle et de Zurich. Les chercheurs ont analysé la fidélité à la ligne du parti indépendamment de la procédure de vote. «Au Conseil national, les grands groupes parlementaires votent aujourd'hui de façon plus homogène qu'il y a vingt ans. Au sein de l'UDC, cette homogénéité est passée de 80,5% en 1995 à plus de 89% en 2015», relèvent Stefanie Bailer et Sarah Bütikofer dans une étude publiée en 2015. Cela serait dû à la «professionnalisation croissante des députés et à une direction plus stricte des groupes». Le parlement suisse ressemble ainsi de plus en plus à ses homologues européens. *Astrid Tomczak-Plekawa*

C. Benesch et al.: Transparency in Parliamentary Voting. CESifo Working Paper No. 5682, 2015
S. Bailer et S. Bütikofer: From loose alliances to professional political players: how Swiss party groups changed, in *Swiss Political Science Review*, 2015



Le vote électronique éclaire le choix des parlementaires.



Implicitement, les observations zoologiques de Mary Elizabeth Barber critiquaient l'ordre établi.

Egalité: leçons du monde animal

Les valeurs et convictions des scientifiques jouent toujours un rôle lorsqu'ils mènent leur recherche. Un exemple est fourni par les travaux de Mary Elizabeth Barber, qui a émigré avec ses parents d'Angleterre en Afrique du Sud.

Née en 1818, Mary Elisabeth Barber a été la première botaniste, entomologiste, archéologue et ornithologue sud-africaine. Elle s'est notamment penchée sur le comportement social des oiseaux européens et locaux qui hivernent en Afrique du Sud. «Elle a découvert dans ces familles d'oiseaux un schéma aux antipodes du modèle familial victorien alors dominant», souligne l'historienne Tanja Hammel de l'Université de Bâle qui consacre sa thèse à cette importante chercheuse presque tombée dans l'oubli.

Mary Elisabeth Barber a montré que les mâles et les femelles participaient à la construction du nid et à l'éducation des petits de manière égalitaire et que leur comportement n'affichait guère de différences liées au genre. «Grâce à ses travaux, elle a implicitement milité pour l'égalité entre les sexes, critiqué l'institution du mariage et mis en évidence des modèles relationnels alternatifs», poursuit Tanja Hammel. Avec ce féminisme scientifique, elle a mis en évidence les discriminations frappant la gent féminine, bien avant l'émergence des mouvements pour les droits des femmes en Afrique du Sud. *Urs Hafner*

T. Hammel: Thinking with birds: Mary Elizabeth Barber's advocacy for gender equality in ornithology, in: *Southern African Histories*, Kronos, 2015

A 1000 mètres sous terre

Peter Guntli a participé à la construction de la galerie ferroviaire la plus longue du monde. Quelques semaines avant l'inauguration du tunnel de base du Gothard, le géologue se souvient.



« Ma petite fille avait 4 ans lorsqu'elle a demandé à sa tante quand j'en aurai enfin fini avec le tunnel. «Quand tu sauras conduire une voiture», lui a répondu ma sœur. Vu sous cet angle, nous avons été plus rapides que prévu. Ma fille a 23 ans et n'a toujours pas de permis. Le tunnel, lui, sera inauguré le 1er juin 2016. Pendant longtemps, j'ai eu de la peine à imaginer ce moment. Et maintenant, il est là. Après vingt ans de collaboration au projet!

J'ai commencé à travailler pour le chantier du Gothard un peu par hasard. Au début, je n'avais aucune expérience. Les études de géologie ne nous apprennent pas à construire une galerie ou un puits. Nous, les Suisses, nous nous tenions devant l'énorme trou noir du puits de Sedrun, regardions en bas et nous étonnions du travail effectué, là au fond, par les spécialistes sud-africains. Avec les années, j'ai acquis l'expérience nécessaire, grâce à des cours

et surtout à la pratique. Et je suis devenu géologue en chef du tronçon de Sedrun.

Suivre son intuition

Notre tâche principale est d'analyser la roche rencontrée afin de conseiller les ingénieurs et les constructeurs au fil du percement de la galerie. Nous trouvons-nous devant une zone non problématique constituée de gneiss dur, où l'on peut avancer sans grand danger, et sécuriser le tunnel simplement avec cinq centimètres de béton projeté et quelques ancrages? Ou s'agit-il d'une zone à risque avec une roche molle et «poussante» ainsi qu'un grand débit d'eau où l'on est obligé d'effectuer des forages à tâtons et de prendre d'importantes mesures de soutènement et d'étanchéité?

On dispose en général de peu de temps pour mener des tests complexes en laboratoire, car on ne saurait bloquer les tra-

vaux pendant un jour. Il existe bien des critères objectifs qui peuvent être pris en compte de façon systématique et détaillée. Mais à la fin, c'est toujours l'intuition qui l'emporte ou, pour le dire de manière plus professionnelle: l'expérience, accompagnée naturellement d'un bon travail d'équipe.

Heureusement, la géologie n'a jamais causé de problèmes sérieux sur mon tronçon. Mais le risque d'accident sur un tel chantier est par essence élevé: lorsque, malgré toutes les précautions, un outil tombe dans un puits de 800 mètres de profondeur, il vaut mieux ne pas se trouver sur sa trajectoire. C'est pourquoi, au début, j'avais un grand respect pour le tunnel. Plus que du respect: même si l'on s'habitue avec le temps à l'atmosphère, il reste quelque chose de particulier. Il suffit de penser aux mille mètres de roche que l'on a au-dessus de la tête,



aux kilomètres parcourus dans le noir, à la lumière artificielle constante, au bruit des perforatrices.

Un poisson d'avril

Dans un tunnel, on doit travailler consciencieusement et prudemment. Ce n'est pas un endroit où plaisanter. Mes jeunes collaborateurs ont néanmoins osé une fois un poisson d'avril. Ils ont noté dans le rapport officiel qu'ils avaient trouvé de l'or et qu'ils allaient fermer le tunnel pendant les fêtes de Pâques pour prospecter le filon. Quelqu'un s'est indigné en disant que l'or appartenait aux maîtres de l'ouvrage et non aux géologues!

Nous prenons les choses au sérieux. Comme lors de cette journée difficile, dans une zone avec de nombreuses couches aquifères que nous devons explorer grâce à des forages. Nous avons fait appel à une firme spécialisée qui utilise des ca-

méras de forage - contre un jet d'eau de dix litres par seconde. Cela n'a pas été facile. Mais nous avons finalement surmonté le problème et j'ai pu rentrer chez moi vers minuit.

Mon travail me plaît toujours, le tunnel est fascinant mais aussi exigeant. Au cours des deux dernières décennies, j'étais sans cesse de piquet, le chantier fonctionnant 24 heures sur 24. Le 1er juin, je serai très heureux et très fier, mais aussi très soulagé.



Propos recueillis par Christian Weber

Avec ses quatre bras, la machine de forage prépare des cavités pour des explosifs, en dessous de Sedrun. En bas: Peter Guntli (avec le casque blanc) guide des étudiants de géologie à travers son tronçon.

Photos: AlpTransit Gotthard AG (haut) et Christian Schlüechter, Uni Bern (bas)

Neurones artificiels, potentiel réel

Des algorithmes qui imitent le cerveau existent depuis un demi-siècle. Mais leur potentiel n'a pris son essor que récemment. Avec les réseaux de neurones artificiels, l'intelligence artificielle a fait un pas de géant. *Par Fabien Goubet*

Mars 2016: le champion du monde de go Lee Sedol perd 1-4 face au logiciel AlphaGo. Pour beaucoup, il s'agit d'une défaite de plus de l'humanité face aux machines. Le résultat est dû à une technique d'intelligence artificielle qui a fortement progressé cette dernière décennie: le deep learning ou apprentissage profond. Ces algorithmes sont exécutés au sein de réseaux de neurones artificiels, une architecture logicielle qui reproduit le fonctionnement de leurs pendants biologiques.

Le deep learning doit beaucoup aux travaux de Jürgen Schmidhuber, directeur de l'IDSIA (Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale) dans la banlieue de Lugano. AlphaGo se base sur les algorithmes de DeepMind, une startup acquise début 2014 par Google pour 500 millions de dollars. L'un de ses trois fondateurs, Shane Legg, a fait son doctorat à l'IDSIA et trois autres membres sont passés par le laboratoire tessinois.

«Jürgen Schmidhuber est l'un des meilleurs chercheurs en deep learning, dit Boi Faltings, du Laboratoire d'intelligence artificielle de l'EPFL. Il a toujours été convaincu qu'il fallait continuer à travailler sur ce sujet.» «Il est dans la course depuis le début», confirme Stéphane Marchand-Maillet, du Département d'informatique de l'Université de Genève.

Des photos de chats par milliers

Gagner au jeu de go n'est qu'une illustration, particulièrement forte, de la puissance du deep learning qui excelle dans la reconnaissance de formes. On le retrouve depuis quelques années dans une multitude d'applications: reconnaissance vocale et visuelle, outils de traduction en ligne ou encore assistants sur smartphone. Le deep learning repose sur le principe de l'apprentissage automatique: il faut d'abord nourrir les algorithmes de nombreux exemples pour qu'ils puissent s'entraîner. Le principe tire évidemment profit des contenus générés par les usagers du web 2.0 et des smartphones, depuis des photos annotées pos-

tées sur Facebook jusqu'aux traductions officielles trouvées sur le net. En montrant par exemple à la machine des milliers d'images de chats étiquetées comme telles, celle-ci apprend à les reconnaître et parvient au final à identifier des photos de chats qu'elle n'avait jamais vues.

Le deep learning doit son salut aux jeux vidéo.

L'idée du deep learning n'est pas nouvelle, mais aura dû attendre les ordinateurs modernes pour prendre son envol. Au début des années 1950, les biologistes tentent d'établir des principes formels pour expliquer le fonctionnement des neurones du cerveau. Le psychologue Frank Rosenblatt, du Cornell Aeronautical Laboratory dans l'Etat de New York, publie en 1956 un modèle numérique basé sur ces concepts et crée ainsi le premier réseau de neurones artificiels. Intégré dans un calculateur, il apprend à reconnaître des images rudimentaires.

«Ce réseau ne comprenait que huit neurones organisés en une seule couche. Il ne pouvait reconnaître que des caractères simples», raconte Claude Touzet, du Laboratoire de neurosciences intégratives et adaptatives de l'Université Aix-Marseille. Il faudra attendre 1985 pour voir des réseaux de neurones artificiels de deuxième génération en plusieurs couches, beaucoup plus performants. Une percée accomplie par trois chercheurs indépendants: Yann LeCun à Paris, Geoffrey Hinton à Toronto et Terrence Sejnowski à Baltimore.

Apprendre petit à petit

Dans de tels réseaux, chaque couche apprend à reconnaître visuellement des caractéristiques précises d'une forme. Celles-ci sont d'autant plus abstraites que la couche est profonde. Dans le cas de notre photo de chat, le premier niveau analyse les couleurs des pixels tandis qu'une struc-



Mars 2016: Lee Sedol s'incline face à la machine dans quatre des cinq parties de go. L'algorithme a appris à négocier les $2,08 \times 10^{170}$ positions possibles du jeu à l'aide d'un réseau de neurones artificiels. Photo: EPA/Jeon Heon-Kyun

ture supérieure se concentrerait plutôt sur la forme générale de l'animal. Cette architecture en profondeur, où les calculs se font parfois sur plusieurs milliers de couches, a donné son nom au deep learning.

«Une véritable IA provoquerait le changement le plus important dans notre civilisation.»

Jürgen Schmidhuber

«Chaque neurone artificiel reçoit une valeur en entrée, la transforme selon une fonction mathématique et s'active si le résultat dépasse un seuil défini au préalable», explique Stéphane Marchand-Maillet. Il reproduit ainsi le fonctionnement des vrais neurones: ils ne s'activent et transmettent l'information que si le signal en entrée (le potentiel électrique circulant le long du neurone jusqu'à la synapse) atteint une certaine valeur. Dans la version artificielle, les résultats produits au sein d'une même couche sont pondérés, additionnés puis envoyés comme signal d'entrée à la couche suivante, laquelle va les repasser à la moulinette d'autres fonctions et ainsi de suite jusqu'à la sortie.

Un exemple: nourri par un grand nombre de photos de pommes et de pastèques, le système va progressivement apprendre à distinguer les fruits selon leur

diamètre, explique le chercheur genevois. Si la machine ne peut se décider (dans le cas d'une photo d'une petite pastèque), la couche suivante va prendre le relais en analysant la couleur ou la texture du fruit, et ainsi de suite, chaque étape améliorant la discrimination.

Les jeux vidéo à la rescousse

La trop faible puissance des ordinateurs a limité pendant des décennies des applications plus complexes. L'industrie s'en étant désintéressée, le deep learning doit son salut au domaine des jeux vidéo, car les processeurs graphiques (GPU) des consoles de jeux offrent des puissances inégalées pour un coût modique: jusqu'à 6 téraflows (6000 milliards d'opérations par seconde) pour quelques centaines de dollars. «C'est clairement cette puissance de calcul qui a permis le saut quantique du deep learning», note Claude Touzet. Les GPU se prêtent en outre très bien au calcul en parallèle, utile pour exécuter les innombrables opérations simultanées exigées par les réseaux de neurones.

L'analyse d'images obtient d'excellents résultats, mais les choses sont plus compliquées pour des informations séquentielles telles que le langage oral ou les vidéos. Jürgen Schmidhuber de l'IDSIA travaille sur ce sujet depuis 1989 et a développé des réseaux récurrents: les neurones communiquent entre eux via des boucles qui font également circuler l'information en arrière, vers les premières couches.

L'analyse des données séquentielles dépend fortement du contexte et de ce qui s'est produit précédemment. Les réseaux «Long Short Term Memory» (LSTM) développés au Tessin gardent en mémoire les événements passés. Ils peuvent ainsi mieux distinguer les mots «bateau» et «rateau» en notant qu'ils ont entendu «b» ou «r» avant le son «ateau». «Les réseaux de neurones récurrents sont plus puissants que les autres approches telles que les modèles de Markov cachés», déclare Jürgen Schmidhuber, qui précise que Google Voice a adopté des LSTM en 2015. «Avec ces réseaux en boucle, le nombre de couches devient potentiellement infini», ajoute Boi Faltings de l'EPFL.

Pour Jürgen Schmidhuber, le deep learning n'est qu'un aspect de l'intelligence artificielle (IA), et l'arrivée d'une véritable IA constituerait «le changement le plus important de notre civilisation». Mais Stéphane Marchand-Maillet voit dans l'apprentissage profond «un peu de hype, qui consiste à faire croire que l'IA peut apprendre n'importe quoi pourvu qu'on dispose des données. Le deep learning est-il extensible à tous les domaines? La question reste ouverte».

Fabien Goubet est journaliste scientifique pour Le Temps.

Le Goethe des mathématiques

Après un siècle de travaux, la publication des œuvres complètes de Leonhard Euler touche à sa fin. Mais l'héritage du grand mathématicien bâlois n'a pas fini de livrer ses secrets.

Par Mathias Plüss

Ca fait beaucoup», dit Martin Mattmüller, montrant l'étagère derrière lui. Elle contient les 75 volumes des œuvres complètes de Leonhard Euler parus à ce jour. «Assimiler tout cela serait pratiquement impossible pour une seule personne.» Étonnant en effet qu'un seul individu constitue l'objet de ce travail de titan.

Le mathématicien Martin Mattmüller, 58 ans, est secrétaire de la Commission Euler, l'organe de l'Académie des sciences naturelles (SCNAT) qui édite les œuvres complètes du génie bâlois. «Il manque encore deux volumes sur l'astronomie qui devraient être achevés d'ici deux ans.» Alors se terminera la réimpression des publications d'Euler. Quant à sa correspondance, quatre volumes lui sont dédiés. Ils sont encore en cours d'élaboration et devraient bientôt partir à l'impression.

Leonhard Euler (1707-1783) est considéré comme le mathématicien le plus prolifique de tous les temps: il est l'auteur de deux douzaines d'ouvrages et de presque 900 travaux individuels. Euler est né en 1707 à Bâle, où il a fait ses études. Il a ensuite passé le reste de sa vie à l'Académie russe des sciences à Saint-Petersbourg ainsi qu'à Berlin. Il n'a pas qu'enrichi les mathématiques et la physique, mais s'est aussi penché sur des problèmes techniques comme l'amélioration des turbines et des télescopes. Pour la communauté des mathématiciens, sa célèbre formule $e^{i\pi} = -1$ constitue la plus belle équation qui soit. Avec son carré latin, il a également inventé l'ancêtre du sudoku.

Euler contre Lénine

À l'occasion du 200^e anniversaire de la naissance d'Euler en 1907, la Société helvétique des sciences naturelles (l'actuelle SCNAT) fonde la Commission Euler et lui confie l'édition de ses œuvres complètes. Le projet «Opera Omnia» démarre avec beaucoup d'élan, et les parutions des premiers volumes se succèdent rapidement dès 1911.

Mais l'entreprise s'enlise à plusieurs reprises. Dans les années 1930, la Commission perd une partie de sa fortune suite à une faillite bancaire. Il lui faut également renvoyer les manuscrits d'Euler prêtés par

Saint-Petersbourg pour les travaux d'édition à Bâle. La Commission aimerait les garder définitivement en Suisse, mais l'Union soviétique refuse - elle déclinera même une offre d'échange contre des lettres de Lénine déposées dans des archives helvétiques. Depuis, le travail à Bâle se fait par le biais de photos ou de copies des originaux.

Nouveau projet mammoth

Le projet retrouve un second souffle après la guerre, mais sa progression ralentit au cours des dernières décennies. Le décès de certains éditeurs, souvent des scientifiques à la retraite, freine l'entreprise. La manière de travailler évolue elle aussi. Les premiers volumes avaient été édités par des physiciens et des mathématiciens: de fait, les notes y sont rares et les introductions courtes. Mais l'édition de la correspondance d'Euler s'accompagne d'une méthode historique et critique pour l'examen du matériel. L'objectif a entretemps changé: l'ancienne approche voulait avant tout rendre accessibles aux mathématiciens et aux historiens les œuvres originales d'Euler, qui n'étaient

souvent plus disponibles. Aujourd'hui, ce problème n'existe plus, la plupart des publications se trouvant sur Internet.

De nombreux carnets de notes, lettres et autres manuscrits non publiés n'ont pas été inclus dans l'«Opera Omnia». «Avec un regard moderne, nous accorderions aujourd'hui probablement la priorité à l'examen de ces documents, dont une bonne partie n'a pas encore été analysée», note Martin Mattmüller. Des projets prévoient de s'atteler à cette tâche une fois l'impression des volumes terminée, ce qui donnerait naissance à un nouveau projet mammoth, numérique celui-là.

Pour Martin Mattmüller, l'effort en vaudrait sans aucun doute la peine, car Euler était un personnage singulier: «La Suisse n'a eu ni Goethe, ni Mozart, mais Euler, une personnalité de classe mondiale. Le pays en est encore bien trop peu conscient.»

Mathias Plüss est journaliste scientifique et écrit notamment pour Das Magazin.



Leonhard Euler: une vie longue de 76 ans analysée en 75 volumes un siècle durant.

Photo: Keystone/Heritage Images/Fine Art Images

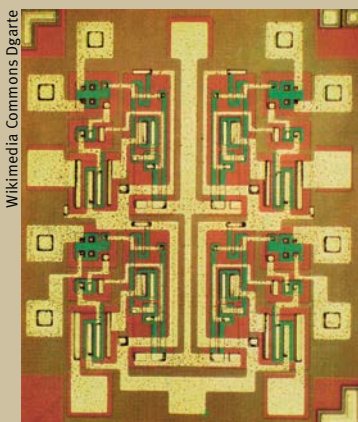
Les transistors atteignent leur limite

La structure d'un ordinateur est mystérieuse pour les profanes, mais la loi de Moore est plus connue: selon elle, le nombre de transistors trouvant place dans un circuit intégré double tous les deux ans. Cette croissance exponentielle est néanmoins vouée à prendre fin dans un avenir proche à cause de limites physiques. La fabrication de la plus petite génération possible de transistors, définie par une «longueur de grille» de cinq nanomètres, fait déjà l'objet d'études.

Jusqu'ici, les chercheurs pensaient que des transistors aussi petits apporteraient un avantage: les électrons pourraient circuler librement sans interagir avec le réseau cristallin du transistor et, ainsi, économiser de l'électricité. Hélas, il ne s'agit que d'une chimère, montre une étude menée à ETH Zurich. Reto Rhyner et Mathieu Luisier ont effectué des simulations numériques à l'échelle atomique de transistors à fils de trois nanomètres. Résultat: les interactions avec le substrat se produisent malgré tout. «Les interactions limitent la mobilité des électrons et des trous (l'absence d'un électron, ndlr), explique Mathieu Luisier. Les transistors s'autoréchauffent, ce qui entraîne une perte d'énergie.» Selon les simulations, le courant circulant dans des nanofils de silicium est inférieur de 30 à 50% aux attentes.

Les deux scientifiques ont utilisé leur modèle pour tenter de minimiser la perte d'énergie. Le germanium semble ainsi plus approprié que le silicium, et la structure du réseau cristallin joue aussi un rôle. La surface des nanofils est également importante, car la conductivité thermique du réseau dépend fortement de la rugosité. Avec ces informations, d'autres chercheurs seront peut-être en mesure de produire d'ici cinq ou dix ans des transistors à nanofils hautement efficaces avec des canaux ultracourts. *Sven Titz*

R. Rhyner and M. Luisier: Minimizing Self-Heating and Heat Dissipation in Ultrascaled Nanowire Transistors. *Nano Letters* (2016)



Les transistors sont de plus en plus petits mais continuent à s'échauffer.



Situés hauts dans le ciel, les cirrus laissent passer les rayons solaires.

Les cirrus réchauffent la Terre

Les cirrus – des nuages de cristaux de glace situés à une altitude de huit à dix kilomètres – représentent un important facteur d'incertitude pour les modèles sur le réchauffement climatique. Lors de son doctorat à ETH Zurich, Erika Kienast de MétéoSuisse a analysé 13 000 heures de données de mesure Lidar, une technique similaire au radar mais basée sur des rayons laser. Elle a développé un algorithme pour évaluer les propriétés des cirrus et leur influence sur le climat terrestre.

«Le forçage radiatif positif des cirrus maintiennent la Terre au chaud, à la manière d'une couverture», explique la physicienne de l'atmosphère. Les cristaux de glace laissent passer les rayons du soleil mais réfléchissent le rayonnement émis par la Terre, ce qui a un effet réchauffant sur le climat. Au contraire, les nuages de plus basse altitude réfléchissent la lumière solaire, ce qui refroidit la Terre. L'étude a également montré que des cirrus invisibles – jusqu'alors jamais pris en compte – contribuaient également au réchauffement, mais de manière modeste: l'effet est environ vingt fois plus faible que celui des cirrus visibles.

«Bien que l'on étudie les nuages depuis plus de cent ans, on sait peu de choses à leur sujet», relève Ulrike Lohmann, professeure de physique atmosphérique à ETH Zurich. Aucun historique des données de mesure n'existe actuellement à l'échelle mondiale. «Les données disponibles sont des instantanés que l'on essaie d'assembler pour former une image complète», confirme Erika Kienast. Mais même si elles étaient à disposition, «les modèles climatiques sont trop complexes pour que l'ordinateur, malgré les progrès de ses performances, puisse effectuer des calculs de façon fidèle». *Sergio Caré*

E. Kienast-Sjögren et al.: Radiative properties of mid-latitude cirrus clouds derived by automatic evaluation of lidar measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* (2016)

Climat: des forêts plus vigoureuses en altitude

Quels seront les effets du réchauffement climatique sur les forêts suisses? Nicolas Bircher d'ETH Zurich a consacré son doctorat à ce sujet qui préoccupe les autorités et les acteurs de l'industrie sylvicole.

Le chercheur a simulé le développement de 71 peuplements forestiers typiques du pays sur les cent prochaines années en utilisant différents scénarios climatiques et d'aménagement (avec ou sans intervention humaine). En tout, il a testé onze évolutions possibles du climat comprenant en général une hausse des températures et une baisse des précipitations en été. Résultat: on doit s'attendre à des modifications dans la structure et la composition des forêts suisses à partir de la seconde moitié du XXI^e siècle.

«Ces modèles permettent de dégager certaines tendances, mais pas de donner des prédictions précises, souligne Nicolas Bircher. Nous avons examiné la surface terrière – un indice qui estime la productivité d'une forêt – et constaté un recul dans les sites de basse altitude sur le Plateau et dans le Jura. En revanche, nous avons obtenu une hausse de la surface terrière en altitude, notamment dans les Préalpes, avec une augmentation des feuillus.» Autre conclusion de l'étude: les efforts d'aménagements forestiers peuvent réduire l'impact négatif des changements climatiques. «Le développement de la forêt est fortement lié à des paramètres propres à chaque site, comme les propriétés du sol. Les stratégies adoptées devront tenir compte des spécificités locales.»

Sophie Gaitzsch

N. Bircher: To die or not to die: Forest dynamics in Switzerland under climate change. Ph.D. Thesis, ETH Zurich (2015)



Les feuillus tels que les hêtres profiteront du changement climatique.

Face à la mort, la médecine se rebiffe

Les soins palliatifs atténuent les souffrances des personnes gravement malades. Pourquoi de nombreux médecins négligent-ils encore cette démarche? *Par Susanne Wenger*

Joseph Lazaroff était atteint d'un cancer de la prostate métastatique, sans espoir de guérison, mais il a été réopéré. Deux semaines plus tard, il mourait aux soins intensifs. «Il était la proie d'une illusion qui nous a aussi abusés, nous autres médecins», écrit le chirurgien américain Atul Gawande dans son ouvrage 'Nous sommes tous mortels'. Nous n'avons jamais évoqué la dimension profonde de sa situation ni les limites de nos possibilités, et encore moins ce qui aurait pu compter pour lui à la fin de sa vie.»

Soulager avant tout

C'est là qu'intervient le concept de soins palliatifs. Au lieu de chercher à prolonger la vie à tout prix, l'objectif est de faire en sorte que les malades en phase terminale aillent le mieux possible durant le temps qui leur reste.

Ce n'est qu'en 2015 que la Confédération et les cantons ont adopté une stratégie nationale en matière de soins palliatifs. Au niveau académique, l'enseignement de l'accompagnement en fin de vie est aussi relativement neuf. La première chaire de médecine palliative a été créée en 2011 à l'Université de Lausanne. Entre-temps, on en dénombre cinq autres: deux à Lausanne, une à Genève, une à Berne et une à Zurich, rattachée à la Faculté de théologie.

«Les soins palliatifs ne se limitent pas à administrer de la morphine et à tenir la main.»

Gian Domenico Borasio

Les soins palliatifs selon l'OMS

«Les soins palliatifs améliorent la qualité de vie des patients et des familles confrontés à une maladie engageant le pronostic vital, en soulageant les douleurs et les symptômes, en apportant un soutien spirituel et psychologique depuis le moment où le diagnostic est posé jusqu'à la fin de la vie et au cours de la période de deuil.»

soins palliatifs à l'Université de Berne. Pour la médecine hautement spécialisée, focalisée sur la guérison, la mort représente souvent un échec, une défaite.

Notre espérance de vie a pratiquement doublé, en partie grâce aux impressionnants progrès de la médecine curative. Mais il arrive que le système bascule dans des «fantasmes de toute-puissance», note Gian Domenico Borasio, professeur de médecine palliative à l'Université de Lausanne.

La médecine palliative accepte que la médecine ne soit pas en mesure de soigner l'ensemble des maladies. Elle pose des questions inconfortables: faut-il vraiment faire tout ce qui est en notre pouvoir? «L'acharnement thérapeutique représente un immense problème pour le système de santé», souligne Gian Domenico Borasio. Ethique, mais aussi financier. Pour le spécialiste, les médecins ne sont pas seuls responsables: la question concerne la société entière. Car l'acharnement thérapeutique permet de gagner beaucoup d'argent. Le système de santé suisse est «organisé selon des principes économiques», dit Steffen Eychmüller. Une personne en fin de vie qui renonce à des procédures médicales coûteuses se transforme rapidement en coût négatif.

Accompagnement spirituel

Récemment ancrés dans la formation médicale initiale et continue, les soins palliatifs sont souvent assimilés au traitement de la douleur au stade terminal. Or, insiste Gian Domenico Borasio, ils ne se limitent pas «à administrer de la morphine et à tenir la main». Le contrôle des symptômes physiques (douleur ou détresse respiratoire) représente tout juste la moitié de la réalité clinique. L'autre moitié est tout aussi importante: l'accompagnement psychosocial et spirituel.

Les médecins craignent que l'administration de morphine n'accélère le décès. Mais la modification de la durée de vie par la morphine «est en général surestimée», constate l'Académie suisse des sciences médicales dans ses directives médico-éthiques sur les soins palliatifs. «Cette question se pose d'ailleurs avec d'autres interventions,



«La mourante». Le 24 janvier 1915, Ferdinand Hodler peint son amante. Le lendemain, elle succombe au cancer. Photo: Kunstmuseum Basel/Martin P. Bühler

rappelle Steffen Eychmüller. Les malades peuvent aussi décéder des suites d'une opération d'urgence ou d'une chimiothérapie expérimentale qui était pourtant censée soulager leurs souffrances.»

En fin de vie, le travail d'équipe est de rigueur: les médecins collaborent avec des soignants, des psychologues, des travailleurs sociaux et des directeurs de conscience. Dans la recherche aussi, il faut dépasser les limites des disciplines. Mais tout ce qui n'entre pas dans le concept standard d'une médecine technico-scientifique est menacé d'être estampillé «données molles» et d'être ignoré.

«La mort est l'adversaire de la médecine curative.»

Steffen Eychmüller

«La recherche en soins palliatifs doit encore développer un langage commun», relève Simon Peng-Keller, théologien et professeur d'assistance spirituelle à l'Université de Zurich. Ce chercheur étudie dans le cadre du Programme national de

recherche «Fin de vie» (PNR 67) le vécu très imagé de nombreuses personnes à l'approche de la mort. L'accompagnement spirituel est particulièrement important dans le cas des maladies limitant l'espérance de vie, explique-t-il: «Ces affections soulèvent des questions existentielles. On aimerait être pris en compte en tant qu'être humain entier, y compris par son médecin.»

Survie améliorée

Ces dernières années, deux études, l'une aux Etats-Unis et l'autre au Japon, ont montré que les patients incurables traités par soins palliatifs vivaient aussi longtemps, voire plus longtemps que ceux traités par chimiothérapie, avec une meilleure qualité de vie.

Pour Gian Domenico Borasio, ce genre de résultats permet aux soins palliatifs de passer de la marge au centre, de focaliser davantage la médecine sur le patient et de la rendre plus communicative. Cela semble d'autant plus nécessaire qu'en Suisse, on renonce relativement souvent aux mesures visant à prolonger la vie, mais sans que les médecins intègrent toujours les malades et leur entourage à la décision, comme l'a récemment montré une étude du PNR 67.

Georg Bosshard, co-auteur et spécialiste en gériatrie à l'Hôpital universitaire de Zurich, estime qu'il faut étendre l'ensemble du concept au nombre croissant de malades chroniques.

En médecine palliative non plus, il n'y a pas de critères universels pour une bonne mort. La mort est aussi individuelle que la vie, souligne Gian Domenico Borasio: «L'objectif est que chacun puisse avoir une mort qui lui appartient.» Certains choisissent le suicide assisté, parce qu'ils considèrent que c'est la meilleure issue pour eux. «Lorsque l'accompagnement palliatif est professionnel, ils sont peu nombreux à le faire.»

Susanne Wenger est journaliste indépendante à Berne.

Optimiser les prairies

La découverte d'un gène ouvre la voie à la sélection artificielle d'herbes hybrides. L'objectif: améliorer la production destinée au bétail. *Par Ori Schipper*

Elle a beau être toujours plus verte ailleurs, les gens pensent rarement à la façon dont l'herbe pousse. Pourtant, deux tiers des terres agricoles en Suisse sont constitués de prairies et de pâturages. D'un point de vue économique, la croissance de l'herbe devrait donc être optimisée.

Un cinquième de ces surfaces est formé par ce qu'on appelle des prairies artificielles. Contrairement aux prairies permanentes, elles sont intégrées à la rotation des cultures et régulièrement semées d'herbes fourragères – soit destinées à l'élevage – qui pourraient être améliorées par la sélection. Pour l'instant, les progrès amenés par la sélection des herbes fourragères restent modestes comparés à l'augmentation spectaculaire des rendements de blé, de maïs et de riz qui constitue la «révolution verte».

Les facteurs déterminant les améliorations de rendement devraient être les

mêmes pour les céréales et l'herbe fourragère. La sélection hybride joue le rôle principal: on ne sait pas vraiment pourquoi, mais les plantes hybrides poussent nettement mieux que leurs congénères non croisés, ce que la science appelle «l'effet d'hétérosis».

Bruno Studer, professeur boursier FNS à l'Institut des sciences agronomiques d'ETH Zurich, ne peut que spéculer lui aussi sur les raisons de cet effet: issus de parents génétiquement différents, les hybrides présentent un maximum de variantes génétiques. «Cela leur confère une plasticité importante qui leur permet de s'adapter de manière optimale aux différentes conditions environnantes.»

Un gène contre la consanguinité

Avec son équipe, Bruno Studer a récemment réalisé un grand pas vers une sélection hybride d'herbes fourragères. Les

chercheurs ont découvert un composant important d'un mécanisme biologique qui empêche l'autofécondation, et ainsi les lignées pures qui constituent une étape importante avant les croisements. Ce gène appelé «locus S» assure chez les herbes dites auto-incompatibles que le pollen ne forme pas de tuyau pollinique lorsqu'il se trouve sur le stigmate d'une fleur femelle de la même plante.

Les plantes hybrides poussent nettement mieux que leurs congénères non croisés.

La découverte du locus S chez l'ivraie vivace représente un jalon pour la sélection variétale d'herbes fourragères. «Ces connaissances sont indispensables pour concrétiser des concepts de sélection imaginés il y a déjà plusieurs décennies», explique Bruno Studer.

Le chercheur évoque une possibilité: des marqueurs génétiques qui renseignent les sélectionneurs sur les plantes susceptibles de se croiser. «Si nous réussissons à contrôler la pollinisation au sein de populations sélectionnées, nous pourrions exploiter des processus naturels pour augmenter nettement le rendement d'herbes fourragères avec l'effet d'hétérosis, sans prêter la diversité génétique.»

Beat Reidy, expert de la culture fourragère à la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires de Zollikofen, estime lui aussi que ce nouvel élément de connaissance présente un potentiel important. Mais il rappelle que seules les décennies à venir permettront de dire si les progrès attendus peuvent être réalisés.

Ori Schipper est journaliste scientifique à Berne.

C. Manzanares et al.: A Gene Encoding a DUF247 Domain Protein Cosegregates with the S Self-Incompatibility Locus in Perennial Ryegrass. *Molecular Biology and Evolution* (2015)



La recherche agronomique espère améliorer l'herbe des prairies artificielles destinée aux quatre estomacs des bovidés. Photo: Keystone/Urs Flüeler

Décrypter le code cérébral

Des chercheurs ont relié une rétine de lapin à des milliers d'électrodes. Leur objectif: analyser comment les neurones traitent l'information.

Par Martin Angler

Le nystagmus est une maladie qui se traduit par des mouvements d'oscillation irréguliers et involontaires du globe oculaire. Environ un homme sur 1500 en souffre: les saccades sont dues à une erreur des neurones de la rétine lorsqu'ils transforment des stimuli visuels en signaux électriques.

Comment le cerveau - auquel appartient la rétine - s'y prend-il pour saisir les informations contenues dans un stimulus? On sait aujourd'hui que les neurones répondent aux stimuli en décochant des salves de signaux électriques qu'ils transmettent aux autres neurones par le biais des synapses. L'information proprement dite réside dans le nombre de décharges électriques et dans les intervalles temporels qui les séparent. Mais les neuroscientifiques ne sont pas encore tombés d'accord pour expliquer comment fonctionnent la lecture et l'écriture de ces codes.

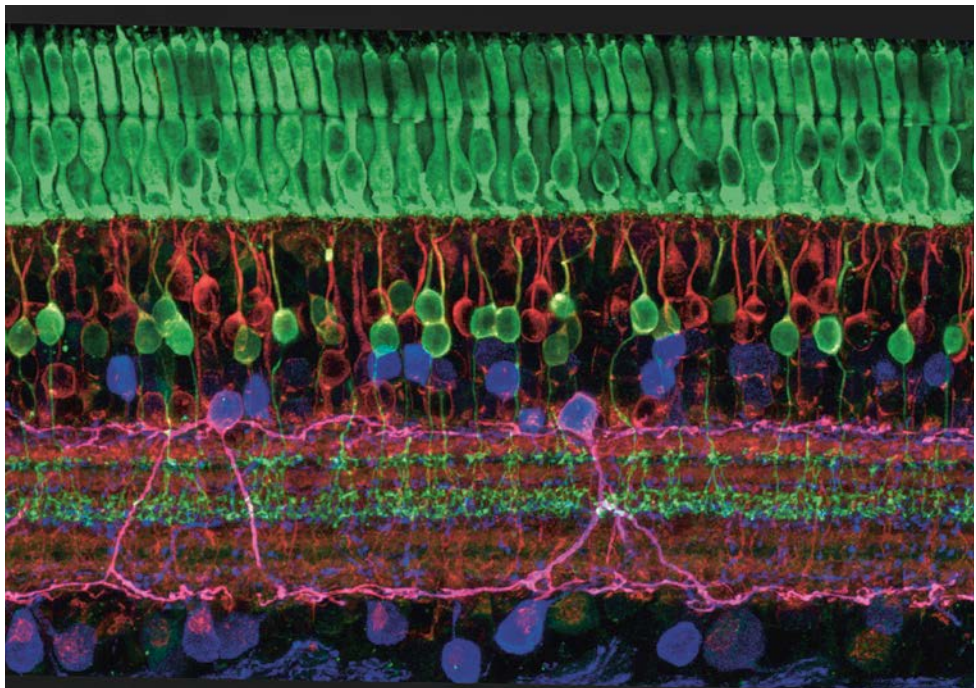
Ecouter le bruit

L'équipe de Felix Franke du Bioengineering Laboratory d'ETH Zurich a réalisé une avancée dans la compréhension de tels processus prenant place dans la rétine. Elle a examiné s'il était plus utile pour le cerveau d'«écouter» tout un ensemble de neurones à la fois ou chaque neurone séparément. Résultat: quand le cerveau écoute tout l'orchestre, il en apprend davantage sur le stimulus déclencheur, par exemple une image vue auparavant.

«Nous pourrions prédire les crises d'épilepsie et supprimer le motif pathologique.»

Felipe Gerhard

Les chercheurs ont relié une puce informatique dotée de 11 000 électrodes à une rétine de lapin mise à plat. Ils ont ensuite projeté une ligne claire sur la rétine en la déplaçant. Les électrodes ont enregistré les signaux directement au niveau des cellules visuelles.



L'information lumineuse excite les photorécepteurs (en vert) de la rétine avant d'être analysée par les cellules nerveuses (plusieurs couleurs, en bas). Photo: Keystone/NIH

Or, souvent, les neurones répondent différemment au même stimulus, ce qui complique les déductions sur le stimulus d'origine. Felix Franke utilise l'image du dé à jouer pour expliquer ce bruit de fond: «Imaginons que le stimulus soit le chiffre trois du dé. Un neurone fournit le chiffre deux et celui d'à côté le chiffre quatre. Pris isolément, ces résultats sont faux. En revanche, si l'on considère la valeur moyenne, le chiffre déduit est correct.» L'orchestre est donc plus précis que les neurones individuels.

Un constat que confirme Felipe Gerhard, un neuroscientifique actuellement chercheur à l'Université Brown aux Etats-Unis après avoir effectué un doctorat à l'EPFL. Pour lui, ces expériences avec des rétines de lapin contribuent à mieux comprendre comment s'effectue la reconnaissance visuelle de motifs accompagnés de bruit de fond et fournissent une base solide pour la recherche future sur le code neuronal.

Mais le bruit de fond aléatoire dans le cerveau empêche aussi parfois la communication entre les neurones, souligne Felipe Gerhard: «L'évolution a trouvé des moyens de gérer ce bruit de fond, voire de l'exploiter.» Il est particulièrement utile pour la pensée créative.

Prédire les crises d'épilepsie

Felix Franke pense que ces connaissances pourraient être utilisées un jour à des fins thérapeutiques. «En étudiant comment les

réseaux neuronaux fonctionnent, on comprend mieux les maladies qui leur sont liées», dit-il. A l'instar du nystagmus. Le chercheur a contribué aux premiers travaux établissant un lien entre le nystagmus de l'œil humain et une malformation de la rétine chez la souris. C'est la première fois qu'un calcul neuronal a été identifié comme facteur prédisposant à une maladie humaine, souligne le chercheur.

Felipe Gerhard de l'Université Brown imagine aussi des applications dans le domaine thérapeutique. Par exemple pour des prothèses du bras à commande cérébrale capables de renvoyer des signaux dans les réseaux neuronaux du cerveau, reconstruisant ainsi la perception tactile.

Actuellement, Felipe Gerhard travaille avec des patients épileptiques chez lesquels il mesure et analyse l'activité neuronale pendant leurs crises. Là aussi, certains motifs dans le bruit de fond entrent en jeu: «Cela pourrait permettre de prédire les crises d'épilepsie, note-t-il. Dès que la crise survient, nous pourrions essayer de stimuler activement ces neurones et de supprimer le motif pathologique.»

Martin Angler est journaliste libre à Bolzano (Italie).

F. Franke et al.: Structures of Neural Correlation and How They Favor Coding. Neuron (2016)



Des compagnons de lit peu appréciés qui développent des résistances.

La punaise mis à nu

L n'a jamais été démontré que les punaises de lit véhiculent des maladies chez l'être humain, mais leurs piqûres peuvent causer réactions cutanées et phobies. Ces hématophages indésirables ont fait leur grand retour dans les matelas de pratiquement tous les continents depuis une vingtaine d'années et sont devenues résistantes aux insecticides traditionnels. Une équipe internationale de chercheurs a réalisé le premier séquençage du génome de la punaise et identifié des gènes qui pourraient expliquer cette adaptation.

«En comparant l'ADN de la punaise de lit à un énorme répertoire de génomes d'autres insectes, nous avons identifié les gènes propres aux punaises, dont ceux qui pourraient être impliqués dans la résistance aux insecticides», explique Robert Waterhouse, généticien à l'Institut suisse de bioinformatique à Genève. Par exemple, les chercheurs ont décrit des gènes qui annulent la toxicité des insecticides et d'autres qui rendent la cuticule des punaises (leur enveloppe externe) plus épaisse que celle de leurs congénères vivant il y a soixante ans.

Les scientifiques ont aussi mis en évidence des gènes bactériens dont ils doivent encore déterminer l'origine. «Si on les retrouve dans la flore naturelle des punaises et qu'ils jouent un rôle dans leur survie, on serait en mesure de traiter les lieux infestés avec des antibiotiques spécifiques», indique Robert Waterhouse. Le chercheur espère que l'analyse fonctionnelle de tous ces gènes permettra de comprendre la biologie des punaises de lit et d'améliorer les stratégies de lutte: «Pour l'instant, le recours aux insecticides se fait à l'aveugle sans connaître les effets moléculaires précis.» *Aurélien Coulon*

J. B. Benoit et al.: Unique features of a global human ectoparasite identified through sequencing of the bed bug genome. *Nature Communications* (2016)

Réduire le rejet des greffes porcines

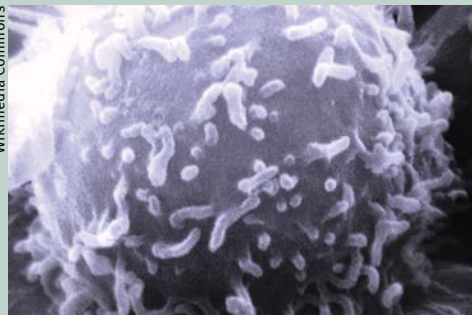
L es porcs pourraient apporter une solution au manque de donneurs d'organes, mais notre système immunitaire rejette les greffes venant d'autres espèces. Une étude menée aux Hôpitaux universitaires de Genève (HUG) indique une nouvelle piste pour surmonter cet obstacle à la xénotransplantation.

Des expériences de transplantation sur des singes avaient montré qu'il est possible d'éviter en partie les rejets en utilisant des organes de porcs génétiquement modifiés. On sait aussi que certaines cellules immunitaires humaines - les lymphocytes Treg - qui nous protègent contre notre propre système de défense peuvent atténuer les réactions de rejet. Des chercheurs sous la direction de Jörg Seebach aux HUG ont utilisé des molécules de signalisation issues de tissus porcins pour attirer des lymphocytes Treg in vitro.

Toutefois, d'autres cellules immunitaires pourraient être influencées par ces molécules de signalisation. «Il serait toutefois possible de multiplier des lymphocytes Treg en laboratoire et de les administrer aux receveurs d'organes, indique Jörg Seebach. Nous étudions aussi une autre option: produire dans les organes porcins des molécules humaines transgéniques de signalisation qui attireraient de préférence des cellules Treg.» Le chercheur espère ainsi inhiber les réactions de rejet. Le procédé devra de toute façon être testé d'abord sur des animaux.

Dan Salomon, immunologue au Scripps Research Institute à La Jolla (Californie), exprime des doutes: «Rendre les xénotransplantations compatibles grâce à l'activation et à l'administration de cellules Treg me semble hautement improbable.» *Stéphane Hess*

D. Ehrichou et al.: Chemoattractant Signals and Adhesion Molecules Promoting Human Regulatory T Cell Recruitment to Porcine Endothelium. *Transplantation* (2016)



Des lymphocytes manipulés pourraient empêcher le rejet d'un organe étranger.



Des électrodes stimulant des zones profondes du cerveau peuvent soulager.

Un pacemaker cérébral contre la dépression

L a stimulation cérébrale profonde est utilisée avec succès depuis des années contre des affections neurologiques telles que la maladie de Parkinson. La méthode consiste à implanter deux électrodes dans le cerveau qui émettent 150 impulsions électriques de trois millivolts par seconde. Grâce à ce traitement, les patients peuvent renoncer jusqu'à 70% de leurs médicaments et les effets négatifs de leur maladie sont fortement atténués. Des chercheurs des universités de Lausanne et de Berlin ont appliqué pour la première fois le procédé sur cinq patients souffrant de dépression sévère. Chez l'un d'eux, l'amélioration a été très marquée.

Le neurologue Bogdan Draganski, chercheur au CHUV à Lausanne, et une équipe de neurochirurgiens ont implanté les électrodes dans une région du lobe frontal du cerveau connue pour être liée aux dépressions. Chez une patiente, l'un des neurochirurgiens a par inadvertance placé les électrodes un peu trop en profondeur, dans une zone encore mal connue, le gyrus rectus.

La nette amélioration des symptômes s'est manifestée chez cette femme. «Elle a ressenti un sentiment de légèreté après l'intervention», note Bogdan Draganski. Ce résultat montre que le gyrus rectus pourrait à l'avenir servir de cible à la stimulation cérébrale profonde. «Nous avons fait cette découverte par hasard. Nous devons maintenant effectuer d'autres essais pour confirmer ce résultat.» *Atlant Bieri*

E. A. Accolla et al.: Deep brain stimulation of the posterior gyrus rectus region for treatment resistant depression. *Journal of Affective Disorders* (2016)

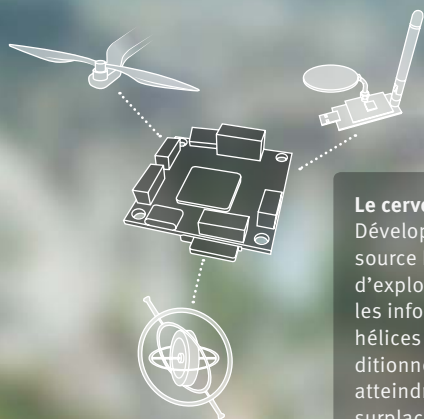
Le software de drone helvétique

La plateforme Px4 a été largement adoptée par les drones développés en open source.

Prochaine étape: incorporer la vision.

Journaliste: Daniel Saraga

Infographie: ikonaut

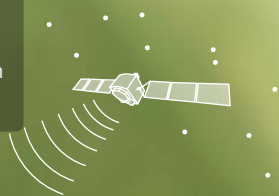


Le cerveau

Développée à ETH Zurich, la plateforme open source Px4 fonctionne comme le système d'exploitation d'un smartphone. Alimentée par les informations des capteurs, elle contrôle les hélices et permet l'intégration de modules additionnels. Grâce à un autopilote, le drone peut atteindre tout seul une destination ou faire du survol. De 10% à 20% des drones utilisent des logiciels open source; la plupart d'entre eux contiennent des composants de Px4.

Les oreilles

Un drone recourt à différents dispositifs pour calculer sa position et sa direction; Px4 le fait mille fois par seconde. Les GPS reçoivent des signaux satellite, robustes mais pas très précis ni rapides. Les capteurs inertiels mesurent les mouvements accumulés depuis le décollage. Les altimètres laser ou à ultrasons déterminent l'altitude. Des caméras infrarouges externes peuvent être utilisées dans des arènes spéciales pour trianguler la position du drone.



Les yeux

Le pilotage à l'aide de caméras ne constitue pas un standard dans les engins commerciaux. Des drones d'ETH Zurich ont été les premiers à voler en se basant uniquement sur des caméras embarquées, capables de reconstituer la forme et la dimension des obstacles. «La vision permet aux drones de détecter des obstacles et de les éviter», explique Lorenz Meier, créateur du système d'exploitation Px4. Cette année, nous allons incorporer la vision par ordinateur par défaut dans les drones contrôlés par Px4. Le doctorant a aussi développé Pixhawk, un dispositif de pilotage automatique fonctionnant avec Px4.

Les membres

Des logiciels tiers développés pour des tâches spécifiques peuvent être ajoutés. Par exemple, une app mise au point en Lettonie guide le drone pour survoler un récepteur GPS porté par un usager, un service offert aux skieurs dans les stations suisses l'hiver dernier. Des chercheurs recourent également à Px4 pour contrôler des drones capables de jouer à la balle ou encore des avions à atterrissage vertical.



Les langues sont des ressources naturelles

Par Martin Vetterli

Les langues sont utiles pour se comprendre – mais pas seulement. Les langues étrangères servent également parfois d'archives d'informations importantes. Cela a notamment été le cas au Moyen Âge lorsque la plupart des textes antiques grecs sont devenus illisibles et ont réapparu grâce à des documents du monde

scientifique arabe.

Les langues élargissent aussi notre manière de penser: certains concepts n'existent que dans certains idiomes et ne peuvent être compris qu'à travers ces derniers. Un bel exemple est le mot «Weltanschauung», également utilisé en français et en anglais. Des choses physiques ne prennent d'ailleurs une existence

réelle que lorsqu'elles reçoivent une dénomination dans notre propre langue. Je pense entre autres aux nombreuses espèces d'oiseaux d'Amérique rebaptisées par les naturalistes européens au XVIII^e siècle (les populations locales leur avaient déjà donné un nom).

Nous savons des neurosciences que langues maternelles et étrangères ne sont pas gérées par les mêmes régions du cerveau. Pour ce dernier, apprendre une langue tôt dans la vie n'est pas la même chose que de l'acquérir plus tard. Il n'est donc pas étonnant que les enfants bilingues «comprennent» apparemment plus facilement des concepts, des objets ou même des personnes qui leur sont étrangers.

La Suisse connaît quatre langues officielles, auxquelles s'ajoutent de

nombreux autres idiomes tels que l'anglais, le serbo-croate ou encore le portugais. La Confédération a une longue tradition en la matière et a trouvé une façon subtile d'appréhender le phénomène, également dans le domaine de la politique fédérale où chaque politicien s'exprime dans sa langue. Synonyme d'ouverture au monde, ce principe linguistique a permis l'émergence de nombreux diplomates appréciés autour du globe. En Suisse, les langues représentent une forme de ressource naturelle: la nation arc-en-ciel que d'autres pays s'efforcent péniblement de devenir est déjà une réalité chez nous.

Je suis fermement convaincu que la Suisse devrait utiliser cette situation unique comme une chance. Certes, la maîtrise de différentes langues n'est pas donnée à tout le monde et l'anglais s'impose de plus en plus dans le monde scientifique. Mais la possibilité d'apprendre plusieurs langues existe toujours dans notre pays et nous devrions l'encourager à travers des programmes d'échanges intercantonaux (et ensuite internationaux) et l'utilisation active des idiomes de l'immigration.

La Suisse devrait s'ouvrir. Avec sa richesse linguistique, elle est parfaitement armée pour faire face à la variété des langues et des pensées et ainsi nous surprendre avec de nouvelles théories, des innovations et des progrès techniques. En d'autres mots: la diversité linguistique fait partie de notre ADN national et, comme en biologie, cette richesse procure aussi à long terme à notre pays une plus grande capacité de résistance. Ou, pour employer une expression plus précise tirée de l'anglais: une plus grande résilience.

Martin Vetterli est président du Conseil national de la recherche et chercheur en sciences informatiques à l'EPFL.



Nik Hunger

18 et 19 juin 2016

La science des algues et poissons

Le Centre de compétence en matière d'écologie, d'évolution et de biogéochimie célèbre un siècle de recherche sur les lacs. [EAWAG Kastanienbaum, Lucerne](#)

27 au 29 juin 2016

Médecine personnalisée

Le symposium Lastis se penche sur les chances et les défis de la médecine personnalisée. [ETH Zurich](#)

1er et 2 juillet 2016

Rendre visible le patrimoine culturel numérisé

Les participants au deuxième Swiss Open Cultural Hackathon développent des idées pour présenter les données culturelles numérisées. [Bibliothèque universitaire, Bâle](#)

Jusqu'au 14 août 2016

Le mystère des profondeurs

L'exposition plonge dans la nuit des océans à la découverte de créatures fantastiques. [Muséum d'histoire naturelle, Neuchâtel](#)

Jusqu'au 11 septembre 2016

La première encyclopédie animale

Organisée à l'occasion du 500^e anniversaire de la naissance du naturaliste suisse Conrad Gessner, une exposition se consacre à ses ouvrages de zoologie. [Musée zoologique, Université de Zurich](#)

22 et 23 septembre 2016

ScienceComm'2016

Le congrès annuel de la communication scientifique se penche sur l'impact du numérique et sur les relations avec le monde politique. [Yverdon-les-Bains](#)

Courrier des lecteurs

Ethique internationale

Le sous-titre «Moins de considérations éthiques» de l'article sur la Chine intitulé «Souris, smog et censure» (Horizons mars 2016, p. 20) m'a interpellé. Quelles sont les recommandations lors de collaborations de chercheurs soutenus par le FNS avec la Chine? Comment s'assurer que l'argent versé par le FNS ne soutient pas des recherches qui ne seraient pas autorisées en Suisse?

Marcel Gyger, président de la commission pour les expériences sur animaux du canton de Vaud

Réponse du FNS: toute recherche soutenue par le FNS doit respecter les exigences éthiques suisses. Cela est également le cas si une partie des expériences se fait ou s'est faite à l'étranger. Le chercheur doit obtenir une attestation de l'instance responsable en Suisse – commission d'éthique ou commission des expériences sur animaux – que les expériences prévues sont conformes à la législation suisse.

Des doutes

J'ai lu la prise de position de Jose Tarazona de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) sur la toxicité du glyphosate (Horizons mars 2016, p. 9). Elle n'est pas crédible et crée un doute sérieux sur les travaux de l'EFSA.

Comme dans les cas du tabac et des gaz diesel, je constate que des scientifiques protègent, par manque de curiosité et avec une tranquille assurance, les intérêts des grands pollueurs de la planète.

Jean-Pierre Papis, Genève

Départ de Martin Vetterli

Martin Vetterli, président du Conseil national de la recherche du FNS, quittera l'institution à la fin de cette année à l'issue de son mandat de quatre ans afin de prendre la présidence de l'EPFL. Sa succession sera réglée par une commission de nomination dirigée par Gabriele Gendotti.

Une angliciste reçoit le Prix Marie Heim-Vögtlin

FNS/Mauro Mellone



Le Prix Marie Heim-Vögtlin (MHV) est décerné cette année à Zoë Lehmann Imfeld pour la qualité remarquable de sa thèse. Cette post-doctorante à l'Université de Berne s'est distinguée grâce à son travail interdisciplinaire à l'interface entre littérature anglaise, théologie et philosophie. Elle avait dû réduire temporairement ses activités de recherche pour des raisons familiales. Le prix sera officiellement remis le 21 juin 2016.

Inquiétudes suite au plan d'économie du Conseil fédéral

Les milieux scientifiques s'inquiètent des mesures d'économie contenues dans le message sur l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation (FRI) 2017-2020. Le Conseil fédéral y maintient les projets-clés prévus, mais annonce en même temps un fort recul des ressources allouées au domaine FRI. Dans une déclaration commune, les hautes écoles et les institutions de recherche, dont le FNS, estiment que ces réductions budgétaires mettent en péril le leadership de la Suisse dans ce secteur.

Approbation du nouveau PNR «Economie durable»

Le Conseil fédéral a mandaté le FNS pour la réalisation du Programme national de recherche «Economie durable: écologie et innovation» (PNR 73). Celui-ci vise à contribuer à une économie plus durable grâce à une utilisation plus efficace des ressources et à une meilleure sécurité de leur approvisionnement. La durée des recherches est fixée à cinq ans et le budget s'élève à 20 millions de francs. La mise au concours pour les esquisses de projet commence en juin 2016.

Les chercheuses sont rares à faire carrière

Bien qu'il y ait plus d'étudiantes que d'étudiants dans les universités suisses, le nombre des femmes occupant une chaire de professeur n'est que de 20%. Le rapport «Einschätzung der Karrieresituation von Nachwuchswissenschaftlerinnen in der Schweiz» des Académies des sciences analyse les perspectives de carrière des femmes scientifiques. Il présente des recommandations pour des carrières académiques respectant l'équité entre les genres, par exemple grâce à des équipes mixtes, des procédures de nomination transparentes ou encore des modèles de travail flexibles.

Le virage énergétique est sain

Le tournant énergétique est bon pour l'environnement mais aussi pour la santé, explique la publication «Virage énergétique et santé» des Académies suisses des sciences. Les polluants atmosphériques émis par les chauffages et le trafic motorisé seront en effet réduits. Mais ce tournant recèle également des risques, la combustion du bois rejetant de nombreuses particules fines dans l'air. Une attention constante doit donc être portée à la santé lors de la mise en œuvre du virage énergétique, estime le rapport.

Valérie Chételat



Bulgarie et Roumanie: 39 projets achevés

Recherches sur le cancer, cellules solaires, pollution des rivières ou encore politique de la formation et relations interethniques: plus de 14 millions de francs ont été attribués dans le cadre des contributions à l'élargissement de l'UE pour les nouveaux Etats membres, mises en place par la DDC et le Seco. Les projets conjoints ont été menés par des équipes suisses, bulgares et roumaines entre 2012 et 2016.

Horizons

Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. Edition spéciale imprimée aussi en anglais. 28e année, n° 109, juin 2016. www.snf.ch/horizons

Editeur

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

Académies suisses des sciences
Maison des Académies
Laupenstrasse 7
Case postale
CH-3001 Berne
Tél. 031 306 92 20
info@akademien-schweiz.ch

Rédaction

Daniel Saraga (dsa), direction
Florian Fisch (ff)
Pascale Hofmeier (hpa)
Marcel Falk (mf)

Graphisme, rédaction photos

2. stock süd netthoevel & gaberthüel,
Valérie Chételat
Illustration éditorial: Gregory Gilbert-Lodge

Traduction

Marie-Jeanne Krill, Catherine Riva

Correction

Jean-Pierre Grenon

Impression et lithographie

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

Tirage

36 100 exemplaires en allemand,
15 600 en français

© Tous droits réservés.

Reproduction possible avec l'autorisation de l'éditeur.

ISSN 1663 2710

L'abonnement est gratuit. La version papier est normalement distribuée en Suisse et, à l'étranger, à des organisations.

Les articles publiés n'engagent pas les éditeurs (FNS et Académies). Les projets de recherche présentés sont soutenus en règle générale par le FNS.

Le FNS

Sur mandat de la Confédération, le FNS encourage la recherche fondamentale et soutient chaque année, grâce à quelque 800 millions de francs, plus de 3400 projets auxquels participent environ 14 000 scientifiques. Il constitue ainsi la principale institution d'encouragement de la recherche scientifique en Suisse.

Les Académies

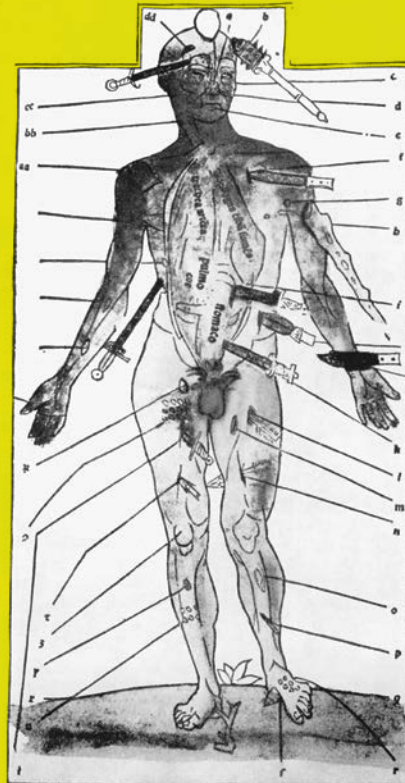
Sur mandat de la Confédération, les Académies suisses des sciences s'engagent en faveur d'un dialogue équilibré entre la science et la société. Elles représentent la science, chacune dans son domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur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

«Je crois que je suis
simplement efficace.»

Sabine Huebner page 32

HOW TO KILL PEOPLE

A PROBLEM OF DESIGN



«Ce n'est pas un endroit
où plaisanter.»

Peter Guntli page 38

Une question de design,
mais aussi de «dual use»:
un couteau de cuisine
peut couper du pain, ou
tuer son prochain.

Illustration: Vitra Design Museum

«Cela ne se limite pas à administrer
de la morphine et à tenir la main.»

Gian Domenico Borasio page 44