

Horizons

Le magazine suisse de la recherche

138 Septembre 2023

En pleine
ivresse monétaire

Page 12



Fiction dans le porte-monnaie



Florian Fisch
Codirecteur de la
rédaction

L'argent ne se mange pas. Cette affirmation lapidaire renferme une quantité de science étonnante. En effet, les moyens de paiement sont l'exemple parfait d'une construction sociale. La valeur de l'argent existe certes exclusivement dans nos esprits et, pourtant, rien n'est plus réel dans notre quotidien. Que ce soit sous forme de pièces métalliques gravées, de morceaux de papier décorés, de chiffres datés sur un écran ou de cristaux de carbone taillés et polis: celui ou celle qui en possède peut s'en servir pour l'achat de nombreux objets de valeur. Si, par contre, une civilisation extraterrestre nous rendait visite, elle ne serait pas impressionnée par une valise remplie de billets de 1000 francs.

On peut en tirer au moins deux enseignements. D'abord, que l'invention des moyens de paiement peut être façonnée. Ainsi, tout le système financier – qu'il s'agisse du taux d'inflation visé par la Banque nationale, du couplage ou non des taux de change internationaux à un standard ou de la définition de cours destinés à motiver les économies ou les investissements – relève de pures décisions humaines. Ensuite, que la valeur des moyens de paiement est ancrée si profondément en nous, que nous considérons l'argent lui-même comme une chose réelle, au même titre qu'un arbre ou une maison. Dès l'enfance, nous apprenons à acheter et à vendre, à épargner et à investir. Les convictions qui en découlent sont difficiles à changer.

Il est toutefois encore plus difficile de prévoir les mécanismes complexes du marché. Aucun individu, aucune nation ne peut agir indépendamment des autres. La Suisse l'a clairement ressenti lors de la débâcle de Credit Suisse. C'est à ce champ de tensions entre marge de manœuvre et vulnérabilité que le dossier de la présente édition est consacré. D'une part, les Suissesses et les Suisses sont nés dans un pays bancaire et dans lequel revenus et fortunes sont répartis de manière inégale, ce qui influence les rapports de pouvoir au sein des familles et en politique. D'autre part, il existe toujours des alternatives, que ce soient des cryptomonnaies ou des coquillages, sur lesquelles nous construisons notre image de nous-mêmes, voire décidons d'orienter notre start-up sur des investissements durables plutôt que sur un profit maximal.



Dossier: Comment l'argent circule

16 [Lutte sur le marché des devises](#)
Le bitcoin n'est que le début

20 [Le pouvoir est sur le compte bancaire](#)
Comment le capital domine en politique et en amour

22 [Sacro-sainte prospérité](#)
Ce que richesse ou pauvreté font de notre personnalité

24 [Technologie financière en mutation](#)
Ces start-up réinventent les investissements

A gauche: A la Bourse de Zurich, quelque 1200 milliards de francs ont été échangés en 2022. Couverture: On négocie partout. Sur le marché aux puces de la Petersplatz à Bâle, on paie encore assidûment en espèces. Photos: Tom Huber

4 [En image](#)

Polyèdre rouge rubis avec poisson

6 [Nouvelles de politique scientifique](#)

Les mots sincères d'un raté, l'âpre lutte pour des données ouvertes et une demande aux professeures

10 [Actualités de la recherche](#)

Robots issus de mains d'enfants, bactéries toxiques des tréfonds et diagnostic précoce d'Alzheimer

13 [Comment ça marche](#)

Là où les algues sont particulièrement choyées

28 [Reportage](#)

Visite à la puissante centrifugeuse



32 [Plus forts ensemble](#)

Quand des champignons aident les arbres stressés par la chaleur

34 [Mis de côté](#)

Refoulés, oubliés, mal vus: les sujets délicats de la science

38 [Stagnation dans l'accélérateur](#)

Crise en physique des particules

40 [Idéal pour le secteur privé](#)

Pourquoi secteur tertiaire et apprentissage fonctionnent si bien ensemble

42 [Un rayon laser divisé par 100](#)

Le peigne à fréquence accélère encore la transmission de données

43 [Un lapin sur les genoux](#)

Des animaux motivent les patientes en réadaptation neurologique

44 [Des ados parmi les étudiantes](#)

Les hautes écoles offrent toujours plus d'options aux jeunes surdoués

46 [Portrait](#)

Le super-héros des abeilles



48 [Les pages des éditeurs](#)

50 [Vos réactions/Impressum](#)

51 [Débat](#)

Est-ce bien de donner une morale aux machines?

Des maths en rubis

«Au début, nous ne savions pas comment présenter concrètement les résultats de ce travail de master», dit Norbert Hungerbühler, professeur de mathématiques à l'ETH Zurich. Avec son étudiant Marcel Pirron, ils avaient trouvé une série de solides réguliers, dont le rubis rouge vif représenté ci-contre. Ces polyèdres dits isoédriques se caractérisent par des faces dont les surfaces sont exactement identiques – comme dans le cas d'un cube. «Nous avons alors eu l'idée d'associer les mathématiques et l'art, mais nos premières illustrations n'étaient pas assez bonnes pour une telle publication.» C'est pourquoi Norbert Hungerbühler s'est attelé à réaliser une visualisation avec sa fille Nina Hungerbühler, qui étudie à l'Université des arts de Zurich.

Ils ont travaillé avec le logiciel open source Blender qui permet de définir des paramètres tels que l'éclairage, les propriétés matérielles ou encore l'angle de la caméra. «Nous voulions placer ce polyèdre sous l'eau», dit le mathématicien. Pour cela, il fallait calculer les reflets typiques de la lumière et un poisson devait aider à l'identification. Celui-ci a été tiré d'un modèle réalisé par un artiste Blender. «Le poisson a été la partie qui a demandé le plus de travail. Ma fille a dû étudier un tutoriel de douze heures.» Et il a fallu deux heures à un puissant ordinateur de l'ETH Zurich pour calculer l'image. Ce bricolage et les nombreux essais réalisés représentent une à deux semaines de travail.

Le polyèdre rubis a 74 sommets, 144 arêtes et ses faces sont constituées de 72 quadrilatères analogues. Il présente exactement la même image après une rotation d'un neuvième de tour sur un axe presque vertical. «En pierre ou dans un matériau de type mousse, l'effet n'était pas bon. Pour produire le meilleur contraste sous l'eau, il fallait qu'il soit rouge et éclairé. C'est ainsi que nous sommes arrivés au rubis», détaille Norbert Hungerbühler. Le père, la fille et l'étudiant l'ont maintenant proposé pour publication au *Journal of Mathematics and the Arts* avec d'autres polyèdres réguliers en marbre, en carbone, en ambre et en nacre.

*Florian Fisch (texte),
Nina Hungerbühler, Norbert Hungerbühler,
Marcel Pirron (illustration)*





Lu et entendu

«Cela crée une hiérarchie numérique entre ceux qui possèdent et les autres qui n'ont rien. Certaines institutions ne peuvent simplement pas se permettre de telles dépenses pour des textes.»

Photo: m&ad



Caroline Ball est bibliothécaire à l'Université britannique de Derby et cofondatrice de la campagne académique ebook-SOS. Dans le Guardian, elle a fustigé le prix élevé des manuels en ligne que la majorité des étudiantes souhaitent lire en priorité – ils sont souvent bien plus chers que la version papier. Un

manuel connu de biologie standard coûte ainsi 975 livres sterling en version électronique, contre seulement 75 livres sterling en version papier.

En Inde, on se bat âprement pour Sci-Hub

Pour les maisons d'édition scientifiques, Alexandra Elbakyan est une empêchuse de tourner en rond. Sur le portail Sci-Hub, la programmatrice kazakhe de 34 ans publie des articles scientifiques téléchargés illégalement. En décembre 2020, les grands éditeurs Elsevier, Wiley et l'American Chemical Society ont porté plainte contre elle en Inde pour violation des droits d'auteur. Car dans ce pays, le portail est très utilisé. Le tribunal a ordonné à Sci-Hub de cesser immédiatement toute diffusion de ce type.

«Sci-Hub va peut-être devenir une sorte de musée.»

Un coup dur pour la programmatrice? Dans le podcast Radiolab, elle déclarait en avril 2023: «Sci-Hub va peut-être devenir une sorte de musée, qui contiendra l'histoire de la lutte pour l'accès aux articles scientifiques.»

Le libre accès devient de plus en plus la norme, aussi en raison de Sci-Hub, devenu indispensable pour les scientifiques du monde entier. En Inde justement, elles et ils sont nombreux à ne pas avoir accès à ces ressources par le biais de leurs institutions. Et dans le

monde, personne, ou presque, ne paie plus les 30 dollars, voire davantage, que coûte un seul article.

Alexandra Elbakyan a déjà été citée devant un tribunal américain, où elle a été condamnée par contumace, en 2017, à 15 millions de dollars de dommages et intérêts. En public, elle se défend en brandissant le Droit international humain de participer au progrès scientifique (art. 27). Cela n'empêche pas divers Etats et institutions de bloquer Sci-Hub, que la communauté de pirates informatiques qui l'entoure s'empresse aussitôt de rétablir.

En juillet 2023, la justice indienne ne s'était toujours pas prononcée sur la question de savoir si Sci-Hub tombait sous le coup de l'utilisation équitable (ou «fair dealing»). Alexandra Elbakyan a entre-temps téléchargé des millions de nouveaux articles. Sur Twitter, elle a récemment déclaré: «Vous vous demandez peut-être si cela ne va pas à l'encontre de l'ordonnance du tribunal, mais nos avocats disent que l'interdiction a expiré.» ff



La science donne des arguments. Recommandez Horizons!

Horizons vous informe quatre fois par an sur le monde suisse de la recherche scientifique. Abonnez-vous ou offrez un abonnement à vos amis et à vos amies – c'est gratuit.

Pour vous abonner à l'édition papier, c'est ici: revue-horizons.ch/abo



«L'échec de ma start-up m'a rendu plus serein»

Qui fonde un spin-off sait que l'échec est possible à tout instant. Mais rares sont les personnes qui s'expriment publiquement après l'avoir subi. Lucian Cucu fait figure d'exception dans ce domaine. Il a été le cofondateur, en 2016, de Rovenso, entreprise qui développait des robots de surveillance pour des humains en situation périlleuse ou difficile. En 2022, elle a dû déposer le bilan.

Lucian Cucu, qu'est-ce qui vous a forcé à clôturer l'aventure Rovenso?

Tout dépend du point de vue: nous avons, d'une part, été pris au dépourvu par un changement de stratégie de l'investisseur: c'était surprenant, car nous avons signé un contrat avec un client important et nous nous préparions à utiliser des robots à Berlin et en Israël. Nous étions aussi les premiers à avoir un robot qui circulait dans un aéroport. D'autre part, notre produit avait sans doute trop de variables: chaque client avait ses exigences et la réalisation du projet devenait techniquement trop complexe. En outre, il fallait organiser de nombreuses démonstrations demandant beaucoup de ressources. Enfin, la pandémie n'a pas aidé.

Que reprenez-vous de cette aventure?

Personnellement, je suis très reconnaissant d'avoir rencontré mes cofondateurs. C'était aussi une opportunité d'innovation rare. L'échec m'a rendu plus serein. Je me suis aperçu que le monde continuait à tourner.



Lucian Cucu ne regrette pas d'avoir cofondé Rovenso, spin-off de l'EPFL, pour développer des robots de surveillance. Photo: mād

Tout cela à l'air très positif. L'échec n'a-t-il pas eu de répercussion négative?

Si, bien sûr! J'ai passé un été 2022 misérable. Pendant les négociations, je me sentais impuissant et extrêmement frustré. Il y a eu des larmes de versées aussi. Et j'ai finalement été

malade pendant toutes mes vacances, car mon système immunitaire était arrivé au bout de ses ressources.

Cela ne vous gêne pas d'en parler aussi ouvertement?

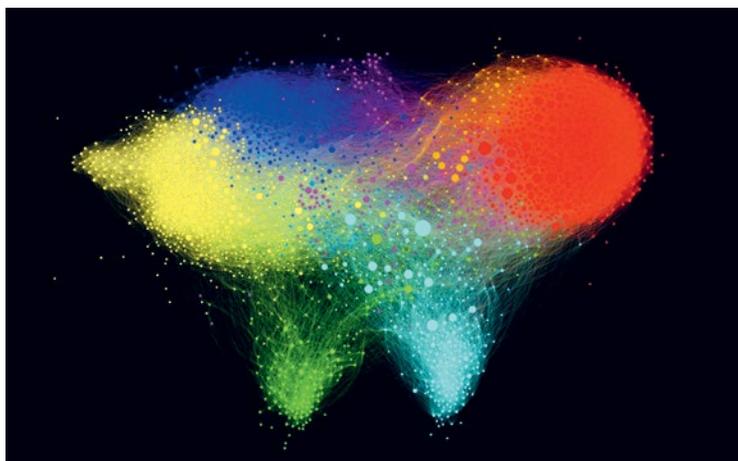
En Suisse, on ne parle généralement pas de ses échecs. Or, nous n'avons pas à nous sentir honteux. Mon cofondateur Thomas Estier a d'ailleurs pour sa part annoncé la faillite sur LinkedIn. Ce qui a incité de nombreuses personnes à prendre contact avec lui. Etre transparent a pour avantage de clarifier les choses, aussi bien pour les clients que pour les fournisseuses ainsi que pour les autres parties prenantes.

Conseilleriez-vous tout de même aux étudiantes et étudiants de fonder un spin-off?

Dans tous les cas. C'est la seule manière de découvrir l'univers des spin-off. Cela permet de travailler librement et en totale indépendance. Et un chemin semé d'embûches est toujours enrichissant. C'est peut-être une attitude protestante (il rit).

Que faites-vous actuellement?

J'ai eu la chance de trouver un investisseur qui a également repris les cinq personnes de l'équipe technique et qui les a intégrées dans un autre groupe plus grand. Il s'agit d'un travail vraiment intéressant et également d'un happy end extraordinaire! ff



Un utilisateur a visualisé les personnes qu'il suit. Graphique: Edouard Leurent/Github

Twitter, alias X, fait désormais payer l'accès aux données aux chercheurs

Pour les scientifiques, X (ex-Twitter) fut longtemps une mine de données. Grâce à une interface, ils ont pu étudier assez facilement le comportement des utilisatrices, les mouvements sociaux et la diffusion de la désinformation. Or, depuis mars 2023, la plateforme exige plus de 40 000 dollars mensuels pour l'accès. La Coalition for Independent Technology Research a donc rédigé une lettre ouverte et mis en garde contre les suites de cette restriction.

Selon Inews, magazine britannique en ligne, les chercheurs doivent même effacer rétroactivement leurs données et ne pourraient donc plus révéler les bases de leurs conclusions. «Cette décision de Twitter pourrait avoir un impact substantiel sur la reproductibilité», notait alors Manoel Horta Ribeiro, chercheur en données à l'EPFL. ff

A quoi sert la coopération mondiale

Dans la recherche, la collaboration internationale occupe une place de choix, surtout en sciences naturelles. Les accords entre les institutions de différents pays destinés à encourager les coopérations sont nombreux. Des chercheurs brésiliens ont voulu savoir si la science profitait réellement de telles ententes.

Pour analyser les conséquences des coopérations internationales de la São Paulo Research Foundation (Fapesp), les scientifiques ont, à leurs dires, effectué une «évaluation quasi expérimentale». Celle-ci compare le financement de la collaboration internationale dans le cadre d'un accord de coopération et le financement de la coopération internationale sans accord. L'examen des données de la Fapesp de 1990 à 2018 a mené au constat que «les accords mesurés au nombre de citations, à l'indice h et au nombre de coauteurs dans des publications scientifiques, avaient un impact positif et significatif».

Les scientifiques supposent que les institutions participantes mettent à disposition plus de ressources financières, humaines et matérielles lorsqu'elles sont liées par un accord. Par ailleurs, ces projets impliquent plutôt des équipes que des chercheuses et chercheurs isolés, «ce qui peut influencer positivement l'engagement et la disponibilité». Les responsables de l'étude y voient une explication plausible, mais soulignent également que les causes doivent encore être approfondies davantage.

De manière surprenante, les scientifiques n'ont pas trouvé de lien entre les accords internationaux et le nombre de travaux scientifiques ou de développements technologiques qui en découlent. Néanmoins, cela ne les empêche pas de tirer la conclusion suivante: «Nos travaux soulignent l'importance du rôle des accords pour obtenir un plus grand impact et encourager des performances de pointe.» jho

La recherche responsable de désinformation

La science est elle-même sa pire ennemie. C'est du moins ce qu'affirme l'économiste américain Gary Smith dans son livre intitulé «**Défiance**», auquel la revue Nature a consacré une critique bienveillante. Celui-ci le justifie ainsi: «La désinformation est propagée par Internet qui a été créé par les scientifiques. Le data torturing (le traitement des données jusqu'à ce qu'elles montrent ce qu'on veut prouver – ndlr) est poussé toujours plus loin parce que les chercheuses tiennent aux preuves empiriques. Le data mining est alimenté par de grandes quantités de données et de puissants ordinateurs qui ont été créés par les scientifiques.» Mais l'ouvrage rencontre aussi des critiques de personnes qui **déplorent son manque de références scientifiques**. «Dans un livre sur la désinformation, citer les sources de chacune de ses affirmations devrait être un devoir sacré.» jho

Situation d'urgence

NOUVEAU RATÉ DE LA MACHINE À LIRE DANS LES PENSÉES

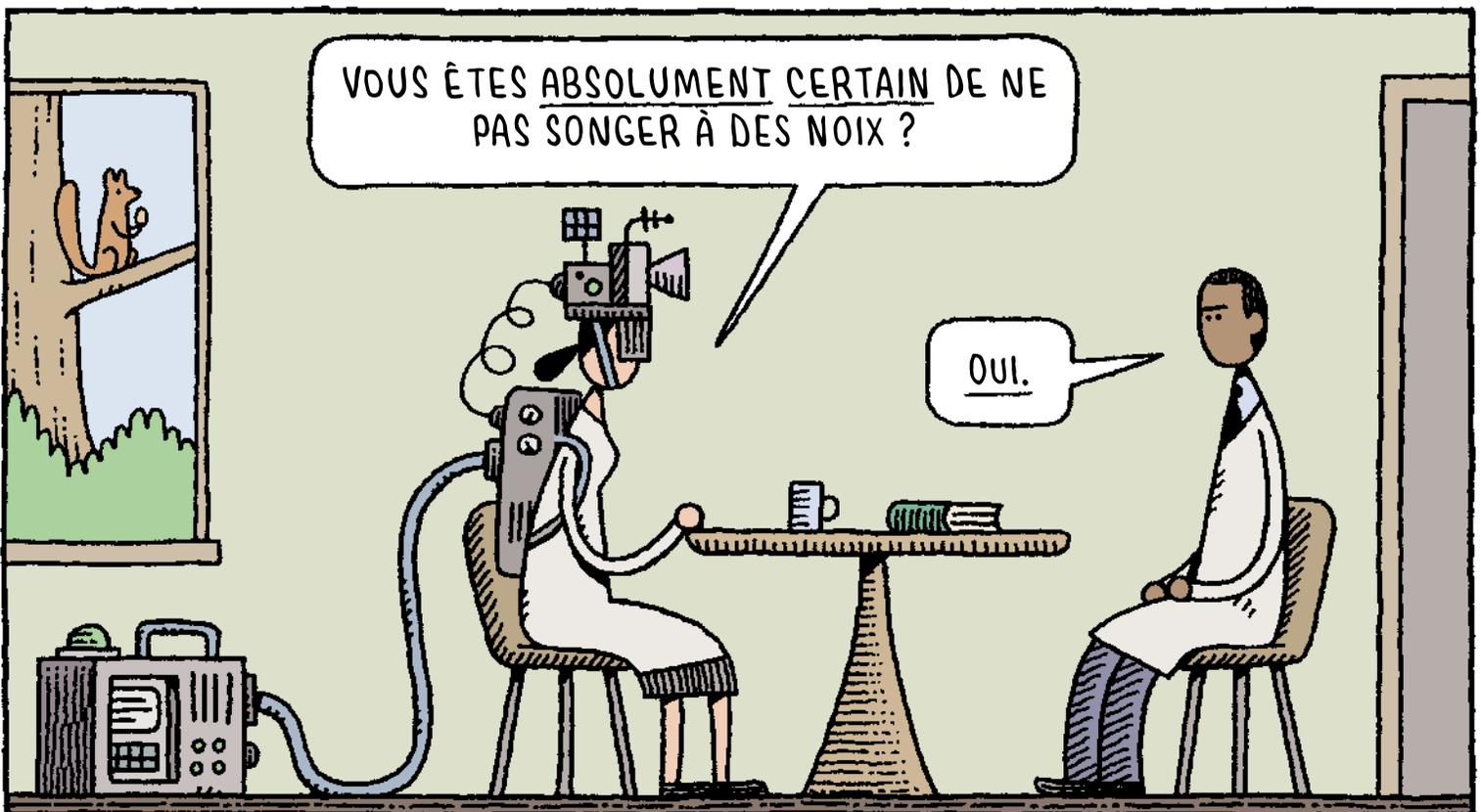


Illustration: Tom Gauld / Edition Mœdeme



«Celles et ceux qui ont des emplois sûrs doivent faire leur part»

On nous recommande souvent, à nous du corps intermédiaire, de nous engager davantage pour des améliorations, alors que nous avons déjà fort à faire entre contrats à durée déterminée, examens et recherche d'emploi. On nous attribue volontiers la responsabilité du changement. Mais la possibilité réelle de faire bouger les choses dans le système de l'enseignement supérieur repose presque exclusivement sur les professeurs.

Leur soutien est nécessaire pour faire des hautes écoles un environnement de travail positif. De nombreux membres du corps intermédiaire s'engagent pour le changement bien au-delà de leurs capacités. Nos contrats à durée déterminée rendent l'engagement bénévole plus difficile. Entre enfants, recherche et enseignement, les parents célibataires n'ont de toute façon guère le temps de respirer. Quant aux jeunes talents issus de pays tiers, sans la libre circulation, leur statut de séjour en Suisse dépend même de la personne qui les encadre.

J'en profite pour remercier les professeurs qui assument cette responsabilité, s'engagent dans les débats sur la culture de la recherche, les conditions d'embauche et les possibilités de carrière et s'intéressent aux expériences de la relève. Nous ne pouvons avancer que grâce à eux, qui ont des emplois sûrs, des contrats à durée indéterminée et un bon revenu. Ces personnes doivent aussi faire leur part, elles qui bénéficient non seulement de bonnes conditions pour nous aider, mais aussi d'un réel pouvoir: quand professeurs, doyennes ou recteurs veulent du changement, il devient possible, comme le montrent l'introduction des postes de lecteurs à l'Université de Zurich ou le développement rapide du libre accès.

A cette fin, il importe de préférer, à l'égard du personnel, l'attention à l'égoïsme et le respect à la méfiance. Ce n'est qu'ainsi qu'on évitera qu'une brillante collègue et mère célibataire de deux enfants quitte la recherche. Nous permettrons à de jeunes scientifiques de pays tiers de résoudre des conflits sans immédiatement menacer leur existence. Et nous créerons un système universitaire où l'on donnera le meilleur de soi-même spontanément et pas uniquement à cause de la pression constante de la performance.

Hannah Schoch est doctorante en littérature américaine à l'Université de Zurich. Coprésidente d'Actionuni, elle s'engage pour le corps intermédiaire et gère un programme du think tank Reatch.

22%

de toutes les citations d'articles présentés au cours de 25 conférences entre 2013 et 2020 provenaient de scientifiques du public qui n'avaient pas inscrit l'exposé en question sur leur liste de favoris. Cet effet, appelé «diffusion sérendipiteuse», a été démontré par l'informaticien américain Misha Teplitskiy.

Il vaut donc la peine de présenter un article lors de conférences. Cela permet de toucher des personnes a priori peu intéressées par le travail que l'on fait. L'étude n'a pas encore fait l'objet d'une évaluation par les pairs. *jho*

One Health

Depuis la pandémie, plus personne n'ignore que la santé humaine dépend étroitement de celle des chauves-souris. Lorsque leur habitat est détruit, les maladies qu'elles véhiculent se transmettent plus facilement. Les spécialistes ont défini l'approche One Health (une seule santé) il y a vingt ans déjà. Selon celle-ci, une politique sanitaire durable **considère l'être humain, les animaux et l'environnement comme un tout.**

La **confusion de termes concurrents** montre l'impossibilité d'envisager toujours cet ensemble. Alors que One Health est issue de la médecine humaine et vétérinaire, les sciences sociales et humaines misent sur l'écologie de la santé (Ecohealth) pour étudier le lien entre les systèmes. La Planetary Health, elle, met les ressources naturelles et les changements climatiques au centre. Sascha Knauf, médecin vétérinaire à l'Institut Friedrich-Loeffler (D), **va ironiquement jusqu'à parler de Galactic Health.** Il serait plus judicieux de réviser les attentes à la baisse au lieu de se disputer au sujet de définitions, et d'appréhender plutôt la One Health comme un appel à voir plus loin que le bout de son nez. *ff*

Transmettre ses gènes: pas si simple

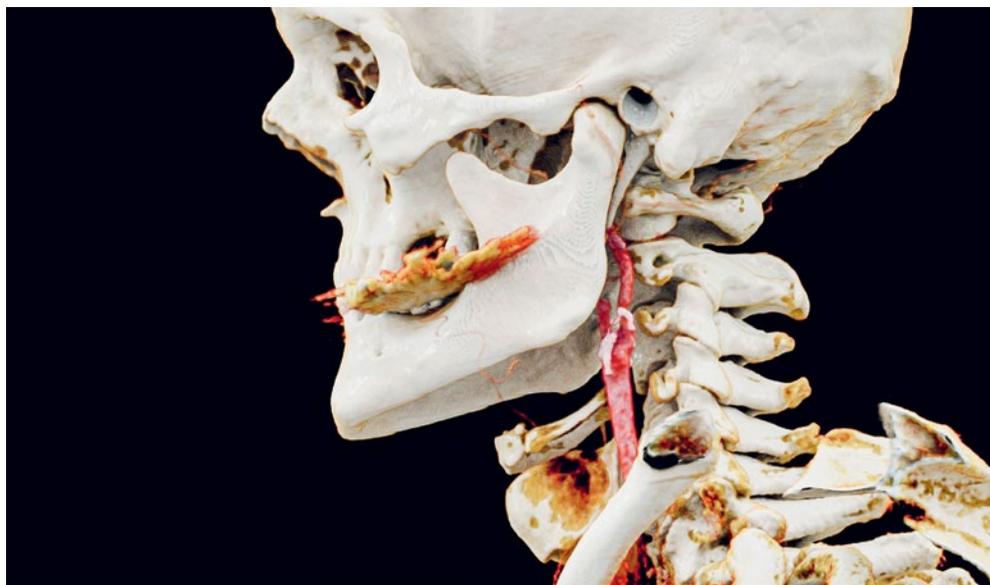
Transmettre son patrimoine génétique est l'un des objectifs naturels de tout être vivant. Une étude cofinancée par le Fonds national suisse a examiné comment prédire le succès génétique d'individus déterminés. A l'aide des arbres généalogiques de deux villages glaronnais, Linthal et Elm, les scientifiques ont découvert que le nombre de descendantes et descendants directs constitue un repère fiable.

L'étude s'est basée sur la généalogie détaillée de la population glaronnaise établie par Johann Jakob Kubly-Müller. «Ce travail représente une banque de données unique pour étudier la capacité reproductive de notre propre espèce dans le contexte de l'Europe centrale», dit le biologiste de l'évolution Erik Postma de l'Université d'Exeter, en Grande-Bretagne, qui a codirigé l'analyse.

Le premier auteur Euan A. Young a estimé la contribution génétique de 3475 personnes nées entre 1575 et 1735 à partir de quatre indicateurs: durée de vie, nombre d'enfants, nombre d'enfants ayant atteint l'âge adulte et nombre de petits-enfants. Il a comparé ces prédictions avec la contribution génétique effective jusqu'en 1990 telle qu'elle apparaît dans la généalogie – environ dix générations plus tard. Ses résultats montrent que le nombre de petits-enfants est le plus fiable pour prédire le succès génétique à long terme. Mais le nombre d'enfants – en général plus facile à établir – livre déjà une approximation satisfaisante. Près d'un tiers des différences dans l'hérédité pourrait s'expliquer ainsi. Les mouvements migratoires pourraient avoir contribué aux variations restantes. «Il est intéressant de constater que le fait que la progéniture survive jusqu'à l'âge de la procréation ne joue qu'un rôle minime pour le succès dans le futur pool génétique, note Erik Postma. Car, souvent, après le décès d'un enfant, les familles en ont un autre pour compenser cette perte.»

Les données ont aussi permis de calculer le taux d'extinction étonnamment élevé de certaines lignées: en 1990, près de trois quarts des individus étudiés n'avaient plus de descendance dans les deux villages. *Stéphanie Hegelbach*

E.A. Young et al.: The long-lasting legacy of reproduction: lifetime reproductive success shapes expected genetic contributions of humans after 10 generations. *Proceedings of the Royal Society B* (2023)



Opération nécessaire? Le modèle de carotide numérique permet de le dire. Image: L. Dubs et al., (2023)

Jumeau virtuel d'une artère

Le rétrécissement de la paroi interne de l'artère carotide met souvent les médecins face à une décision difficile. Faut-il élargir le vaisseau sanguin, peut-être en y plaçant un stent, pour permettre une irrigation suffisante du cerveau? Mais c'est risqué. Un caillot de sang peut par exemple se détacher et bloquer le flux sanguin. Une nouvelle méthode pourrait aider à mieux évaluer la nécessité d'intervenir.

Souvent, en effet, les médecins constatent un tel rétrécissement par hasard, sans que leur patient ou patiente en souffre. «Le degré de sténose du vaisseau sanguin ne correspond pas au degré d'entrave possible de l'écoulement sanguin», indique Vartan Kurtcuoglu de l'Université de Zurich. Dans une étude pilote menée avec l'hôpital universitaire zurichois, son équipe a testé une simulation numérique du flux sanguin.

Les scientifiques ont utilisé les données de 37 personnes concernées dont l'artère carotide a été examinée de manière approfondie avec une échographie par ultrasons, qui mesure la vitesse du sang, ainsi qu'une tomographie par ordinateur, qui relève l'anatomie de la carotide. Le jumeau numérique qui en a résulté a simulé la façon dont la pression diffère avant et après le passage rétréci dans la carotide, afin de détecter un éventuel dysfonctionnement.

Comparés à d'autres données obtenues par ultrasons, les résultats se sont montrés fiables. «Ce n'est toutefois pas demain que ces simulations nous permettront de recommander, ou non, une intervention», affirme Vartan Kurtcuoglu. *Astrid Viciano*

L. Dubs et al.: Assessment of extracranial carotid artery disease using digital twins – a pilot study. *NeuroImage: Clinical* (2023)

Le sport inclusif renforce les enfants en situation de handicap

Photo: Stockphoto



Les enfants avec un handicap mental sont souvent aussi mis au défi sur le plan moteur. Leur intégration dans une activité sportive, à l'école ou dans un club, importe donc d'autant plus. Cela ne favorise pas que leur aptitude physique et leur santé: «Ils développent aussi une meilleure conscience de soi», note Michael Eckhart de la HEP de Berne. *yv*

T. Schluchter et al.: Correlations between motor competencies, physical activity and self-concept in children with intellectual disabilities in inclusive education. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities* (2023)

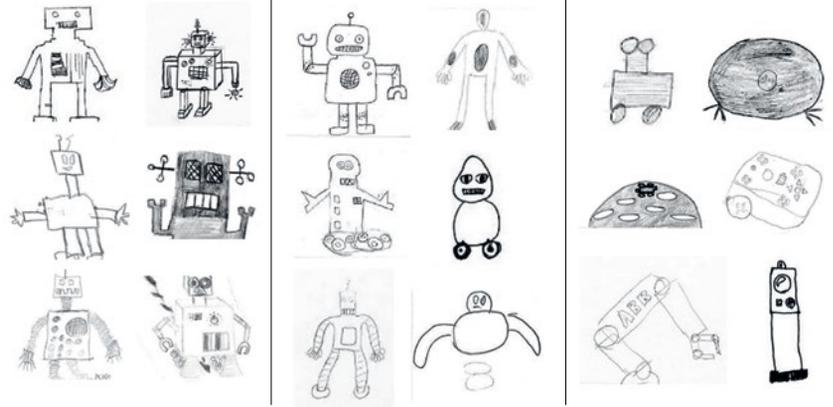
Notre empreinte écologique à l'étranger nous importe peu

Nous laissons la majeure partie de notre empreinte écologique à l'étranger en consommant des biens produits loin de chez nous.

Moins de la moitié de la population suisse en est consciente, selon un ancien sondage de l'EPF Zurich. «Les gens ont aussi peu d'intérêt à soutenir des mesures politiques susceptibles de réduire l'empreinte écologique de leur consommation à l'étranger», note le politologue David Presberger. Dans une nouvelle étude avec plus de 8000 participants, l'équipe a évalué si cela pouvait être changé en comblant le manque de connaissances. La réponse est non: malgré des informations supplémentaires, l'approbation de restrictions commerciales plus sévères ou de l'aide au développement à des projets environnementaux n'a pas augmenté de façon substantielle. «La conscience environnementale est certes présente, mais **dès qu'une mesure coûte de l'argent, la bonne volonté s'estompe**», constate David Presberger. *yv*

D. Presberger et al.: Factual information on the environmental impacts of consumption abroad increases citizens' problem awareness, but not support for mitigating such impacts. *Environmental Science and Policy* (2023)

Point de mire



Graphique: C. Giang et al. (2023)

Les robots vus par les enfants

«Comment t'imagines-tu un robot? Dessine-le!», Une tâche donnée à près de 100 écoliers. Il en a résulté des dessins très imaginatifs qu'une équipe de la Haute école pédagogique du Tessin (Supsi-DFA) a **répartis en trois catégories et nommés comme des héros de films: Wall-E**, le nettoyeur robot du dessin animé, pour l'humanoïde anguleux (à gauche), **Eve**, son amie, pour l'humanoïde rond (au centre) et **HAL**, de «2001: l'Odyssée de l'espace», pour le non-humanoïde (à droite). *yv*

C. Giang et al.: Have You Ever Seen a Robot? An Analysis of Children's Drawings Between Technology and Science Fiction. *Journal for STEM Education Research* (2023)

Des bactéries toxiques dans les tréfonds des fonds

Bien que la pollution des lacs suisses par le phosphore ait diminué, une cyanobactérie toxique est encore largement répandue. Elle colonise désormais des profondeurs toujours plus importantes et pourrait à long terme s'enfoncer dans des zones de turbulence. C'est ainsi qu'elle pourrait remonter à la surface, comme le montrent des scientifiques de l'Université de Genève.

Ena Lucia Suarez et Bastiaan Ibelings étudient l'eutrophisation (un enrichissement en substances nutritives dans un écosystème, généralement dû à l'homme, ndlr) du lac de Hallwil dans le canton d'Argovie à l'aide de données collectées sur une période de 35 ans. Cette eutrophisation était notamment la conséquence d'un enrichissement important en phosphore durant la seconde moitié du XXe siècle. Elle a favorisé la croissance de microal-

gues et de cyanobactéries toxiques. Première découverte: même si la quantité de phosphore a diminué dans le lac, la cyanobactérie toxique rouge *planktothrix rubescens* domine toujours. En effet, «le manque de phosphore réduit la croissance du phytoplancton à la surface du lac. De ce fait, davantage de lumière parvient dans les profondeurs moyennes du lac, où vit normalement la cyanobactérie, note Bastiaan Ibelings. Comme l'espèce est capable de photosynthétiser, sa croissance a explosé.»

Les scientifiques ont en outre constaté que plus l'eau devenait claire, plus la cyanobactérie s'installait dans des couches profondes. En cause, les sucres qu'elle produit en grande quantité et qui l'entraînent vers le fond comme un lest. La cyanobactérie se trouve actuellement à 7,7 mètres plus bas qu'en 2000, soit dans la couche la plus profonde et froide du

lac. «Cela pourrait poser un problème pour l'eau potable, car le captage se fait normalement à cette profondeur», analyse Bastiaan Ibelings. Si la cyanobactérie continue de descendre au rythme actuel de 30 cm par an, elle atteindra un jour des couches de turbulences, ce qui pourrait la faire remonter à nouveau, suppose le chercheur. Il faut donc poursuivre la surveillance des cyanobactéries, en tenant compte des effets à long terme de la réduction du phosphore et du réchauffement climatique. *Clément Etter*

E. Suarez et al.: The emergence and dominance of *Planktothrix rubescens* as a hypolimnetic cyanobacterium in response to re-oligotrophication of a deep peri-alpine lake. *Limnology and Oceanography* (2023)



L'énergie du vent est utilisée au Gothard.

D'où souffle le vent

Les éoliennes alpines pourraient combler le manque d'électricité l'hiver, selon Michael Lehning, physicien de l'atmosphère. **Or, les conditions complexes en altitude compliquent leur placement optimal.** Ainsi, au Gothard, cinq installations voisines produisent diverses quantités d'énergie. L'IA permettrait une **cartographie plus fine des vents**, selon une étude pilote de l'EPFL. Pour entraîner l'IA, les données d'anémomètres situés près du sol ont été combinées aux mesures radar à plus haute altitude. *yv*

F. Kristianti et al.: Combining Weather Station Data and Short-Term LiDAR Deployment to Estimate Wind Energy Potential with Machine Learning: A Case Study from the Swiss Alps. *Boundary-Layer Meteorology* (2023)

Détecter Alzheimer tôt

«Diagnostiquer Alzheimer au plus tôt est un avantage, dit Valentina Garibotto, médecin nucléaire aux Hôpitaux universitaires de Genève. Les personnes touchées par la maladie peuvent ainsi s'organiser à temps, par exemple pour les soins. Et les traitements qui arrivent sur le marché sont probablement plus efficaces au stade précoce.

Un moyen de diagnostic efficace est le PET-scan. Il permet de détecter les modifications du cerveau, les plaques amyloïdes, montre une étude menée auprès de 840 personnes suspectées de souffrir de la maladie dans huit cliniques européennes, coordonnée depuis Genève. Grâce au scan précoce, 40% d'entre elles ont reçu un diagnostic très sûr après trois mois, contre seulement 11% sans scan. «Les scans sont certes chers, mais pourraient faire économiser des frais liés à un traitement retardé ou erroné», note Valentina Garibotto. *yv*

D. Altomare et al.: Clinical Effect of Early vs Late Amyloid Positron Emission Tomography in Memory Clinic Patients. *JAMA Neurology* (2023)

La reformulation convainc en tant qu'argument

Première oratrice: «On peut supposer qu'un ministre fasse preuve d'optimisme et de bonne volonté.» Deuxième oratrice: «D'inexpérience!» Selon des chercheurs suisses et polonais, de telles reformulations font partie des instruments les plus appréciés et les plus efficaces dans le débat argumentatif. Souvent employées pour soutenir un point de vue, elles constituent le deuxième moyen le plus fréquent, après ce que l'on appelle l'inférence, c'est-à-dire la présentation d'un argument tel que: «Il faut voter pour cette candidate, car elle est la plus compétente.»

La médaille d'argent revient aussi à la reformulation en ce qui concerne la force de persuasion. C'est la conclusion des études préliminaires de Steve Oswald de l'Université de Fribourg et de Marcin Koszowy de l'Université technique de Varsovie. Le premier a adopté une analyse expérimentale en soumettant aux participantes des paires de phrases avec et sans reformulation. Le second s'est concentré sur l'analyse d'importants ensembles de données, tels des discours liés aux élections présidentielles américaines de 2016.

Les chercheurs ont fait d'autres observations. Selon Steve Oswald, il semble que les personnes confrontées à une réforme la traitent comme une paraphrase (dont le contenu est identique à celui de la phrase à laquelle elle fait référence, ndlr), mais se laissent néanmoins convaincre: «Ce qui rend cet outil extrêmement intéressant lors de l'argumentation.» En outre, il s'est avéré que le recours à la reformulation, loin de nuire à l'image que le public se fait de la locutrice, «lui confère une aura d'experte», poursuit le chercheur suisse.

Les scientifiques veulent maintenant cartographier les types et les fonctions de la reformulation dans le langage naturel, et analyser ses effets rhétoriques et persuasifs. L'objectif est de créer un modèle des aspects pragmatiques et argumentatifs de la reformulation, qui pourrait éventuellement être appliqué à d'autres procédés linguistiques tels que les métaphores. *Patricia Michaud*

R. Younis, D. de Oliveira Fernandes, P. Gygax, M. Koszowy, S. Oswald: Rephrasing is not arguing, but it is still persuasive: An experimental approach to perlocutionary effects of rephrase. *Journal of Pragmatics* (2023)

Des nœuds sophistiqués

Le problème: nouer un fil élastique de manière qu'il puisse prendre **différentes formes tridimensionnelles stables.** On peut le faire en tâtonnant, mais cela fonctionne mieux avec un programme de l'EPFL. Celui-ci a déjà trouvé de nombreuses solutions nouvelles. Au-delà du défi mathématique, **ces figures sont également utiles:** par exemple pour développer de nouveaux matériaux ou des structures pliables. *yv*



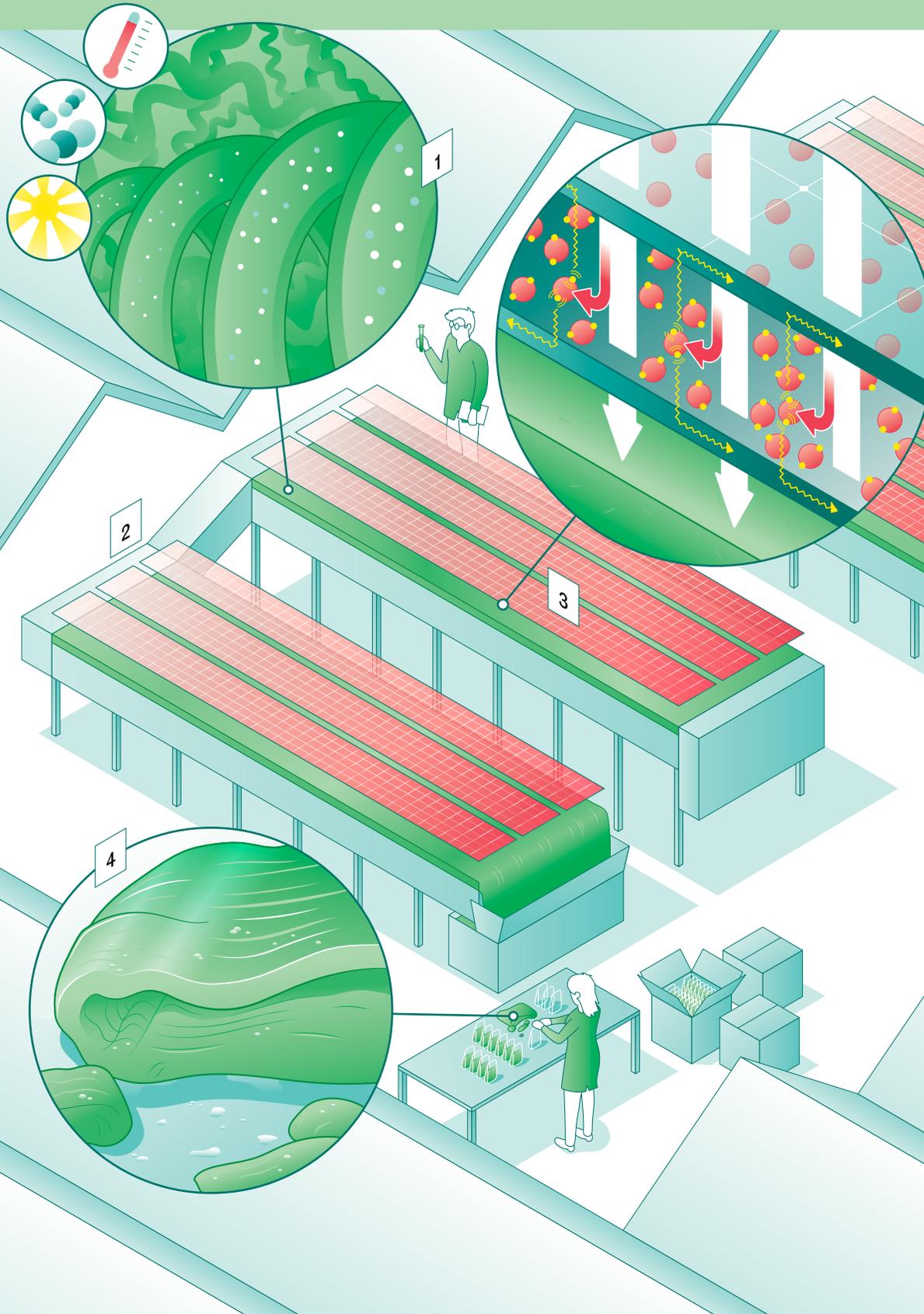
M. Vidulis et al.: Computational Exploration of Multistable Elastic Knots. *ACM Transactions on Graphics* (2023)

Comment ça marche?

Des algues sorties du super-réservoir

Une mare peu profonde d'algoculture, couverte de cellules solaires, décuple le rendement de la biomasse. Un spin-off de l'EPFL veut l'utiliser pour améliorer l'efficacité de cette industrie.

Texte Florian Fisch Illustration Ikonaut



1 – Objectif rendement accru

Les algues sont tendance: dans l'industrie alimentaire, car elles sont riches en protéines et peuvent se substituer à la viande; dans l'industrie de l'emballage, car elles sont une alternative biodégradable au plastique. Leur production est toutefois longue et coûteuse parce que la lumière, la concentration de CO₂ et la température doivent être contrôlées et optimisées précisément. La spiruline est l'algue la plus facile à cultiver et donc la plus employée, avec néanmoins un faible rendement.

2 – Mare plate plus lumineuse

Algaltek, un spin-off de l'EPFL, veut résoudre ce problème. Le bassin de seulement 1,5 centimètre de profondeur construit sur un site expérimental y est essentiel. Sa faible profondeur permet à la lumière du soleil de pénétrer entièrement toutes les couches d'algues et de stimuler la photosynthèse de manière optimale.

3 – La cellule solaire est aussi une protection

Les cellules solaires sensibles à la couleur qui couvrent le bassin à une hauteur de quelques centimètres jouent aussi un rôle important. Elles peuvent être dotées de différentes molécules de colorants qui filtrent les rayons UV de manière optimale suivant la variété d'algue, pour les protéger. Algaltek utilise la spiruline, la chlorelle et la microalgue *Haematococcus pluvialis*. Cette dernière a besoin de pigments rouges, car la lumière qu'ils absorbent stimule les électrons. Ceux-ci circulent dans l'oxyde de titane conducteur qui recouvre le verre des cellules solaires. Le courant produit sert à la culture des algues.

4 – Une pâte pleine de vitamines

Le réacteur hybride combinant la couche mince et les cellules solaires spéciales permet de multiplier par dix la biomasse des algues. Comme l'entreprise vend ses algues sous forme de pâte humide, des vitamines importantes (D3 ou C, par exemple) et les protéines sont pleinement préservées alors que le séchage habituel les détruit.

Que ce soit le billet de 10 francs à la main ou l'application sur son smartphone, les modes de paiement déterminent de multiples interactions du quotidien. Bilan de leur état et de leur pouvoir.

L'addition, s'il vous plaît!

Offre et demande déterminent le prix lors de la vente ou de l'achat de biens ou de services – ça vaut à la Bourse comme au marché aux bestiaux. Coups de flash du photographe Tom Huber sur les lieux de négoce les plus divers.

A droite: Vite organiser les vacances de rêve pendant le trajet de retour en tram: le commerce en ligne a vécu un boom durant les années covid. Près de 14 millions de francs ont ainsi été dépensés via Internet en 2022.

Photos: Tom Huber

17:41



Kairo & Gizeh &

Ferien > Ägypten > Kairo & Gizeh



Empfehlungen für Kairo & Gizeh

Beliebte Hotels mit Bestpreis-Garantie

La course à la meilleure monnaie numérique est lancée

Le secteur financier vit un bouleversement historique. L'argent numérique, basé sur la technologie blockchain, gagne toujours plus de terrain. Quelle forme va l'emporter?

Texte Samuel Schlaefli Illustrations Niels Blaesi

La rumeur sur le projet de Facebook de lancer une monnaie mondiale circulait depuis un certain temps déjà. Le coup d'éclat a eu lieu en juin 2019, lorsque le projet, d'abord nommé «Libra», puis rebaptisé «Diem», fut officiellement dévoilé. Avec près de 3 milliards d'utilisatrices et d'utilisateurs au niveau mondial, Facebook – devenu Meta – entendait établir une nouvelle monnaie internationale, contrôlée par le secteur privé, sans lien aucun avec les banques centrales nationales. Leur outil de gestion des économies nationales et de garantie de la stabilité des prix se serait émoussé.

«Sans le choc de la Libra, nous serions loin du stade actuel de la numérisation de la monnaie», dit Hans Gersbach, professeur de macroéconomie à l'ETH Zurich et co-instigateur du FinsureTech Hub. Là, économistes, informaticiens, mathématiciennes et analystes des risques enseignent et mènent des recherches interdisciplinaires sur les bouleversements technologiques du système financier.

L'initiative de Facebook a eu l'effet d'un coup de bâton dans une fourmilière, estime le macroéconomiste. «La course à la meilleure monnaie numérique a une composante géopolitique. Il s'agit aussi de savoir laquelle dominera l'économie mondiale à l'avenir.» Depuis, les banques centrales bricolent leurs propres monnaies numériques, les Central Bank Digital Currencies, ou CBDC. Des pays de petite et moyenne taille tels le Nigeria, les Bahamas et la Jamaïque ont déjà introduit une CBDC. La Banque populaire de Chine teste depuis avril 2021 la version numérique de son renminbi, et des essais pilotes ont lieu au Canada et en Inde. La Banque centrale européenne (BCE) planche depuis 2020 sur un euro numérique et la Banque nationale suisse (BNS) réfléchit à la mise en œuvre d'un franc numérique en collaboration avec la Banque des règlements internationaux et le SIX Group.

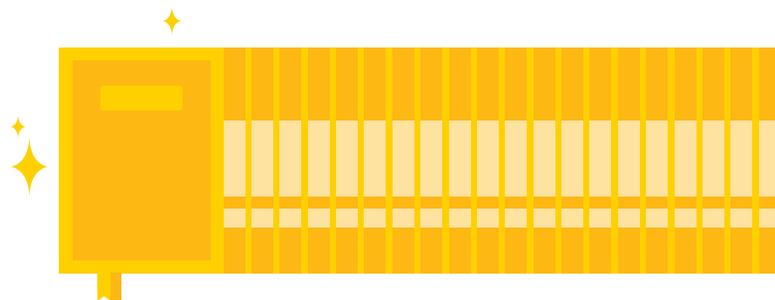
«Nous vivons actuellement une évolution historique. Les progrès technologiques vont radicalement changer notre système monétaire», constate Hans Gersbach. Le franc suisse

en tant que devise internationale pourrait être mis en difficulté s'il ne parvenait pas à faire le saut dans l'ère numérique. «Bien entendu, l'argent liquide doit rester», clarifie l'économiste. Mais il s'avère qu'il est toujours moins demandé. En Suisse, il reste certes le moyen de paiement le plus utilisé, mais sa part ne cesse de diminuer dans toutes les économies publiques avancées. En Suède, elle est même proche de zéro. La crainte que des virus puissent être transmis par l'argent liquide a accéléré l'essor des cartes de crédit, des versements numériques et des applications de paiement. Les paiements en espèces sont aussi

toujours plus réglementés. En France, par exemple, il n'est plus possible de payer plus de 1000 euros en liquide depuis 2016.

Selon Hans Gersbach, l'argent numérique des banques centrales a d'importants avantages pour le grand public: l'argent coûterait moins, car émettre un franc numérique ne nécessite ni production ni logistique coûteuse pour sa distribution. Mais, plus important encore: «Les citoyens et les citoyennes auraient un accès direct à l'argent numérique de la Banque nationale – une monnaie très sûre.»

L'argent de banques centrales, aujourd'hui sous forme de pièces et de billets, est l'unique



WIR: pure monnaie comptable sans intérêts

Fondation: 1934 Utilisatrices: 25 000 PME Somme du bilan: 5,7 mia de francs

La Suisse possède une monnaie alternative officiellement reconnue depuis 1934, appelée WIR (CHW). Emise par la Banque WIR, elle est liée au franc suisse (CHF). Ainsi, 1 CHW vaut 1 CHF. Le WIR est une monnaie comptable qui n'existe pas sous forme de billets ni de pièces. Elle a été émise par des entrepreneurs en réaction à la crise économique mondiale des années 1930. **Les liquidités étaient alors limitées et les entreprises thésaurisaient leur argent** au lieu de l'investir. En conséquence, des centaines de monnaies alternatives ont vu le jour en Europe. En Suisse, le WIR a été créé par une coopérative et circule au sein d'un système privé fermé. Au début, les avoirs bancaires n'étaient pas rémunérés par un intérêt et des frais de rétention étaient même prélevés sur ces fonds afin d'inciter les PME à les dépenser rapidement. Cette taxe fut abrogée en 1948.

En 2000, la banque s'est ouverte au public. Les produits de placement et de prévoyance ainsi que les opérations de paiement nationales sont également accessibles aux particuliers. La monnaie alternative a toutefois perdu du terrain au cours des dernières années. **En 2017, de nombreuses entreprises ont quitté le réseau, car elles avaient de la peine à dépenser leurs avoirs.** Aujourd'hui, le réseau WIR compte aussi quelques milliers de particuliers, principalement avec des comptes salariaux.



Une banque pour les coquillages

Fondation: 2002 **Utilisateurs:** environ 300 000 **En circulation:** plus de 2 mio de francs (2016)

moyen de paiement entièrement à l'abri de toute défaillance. Au contraire de l'argent numérique des banques commerciales – l'argent derrière le chiffre qui figure sur nos comptes d'e-banking: c'est une simple créance pour un certain montant en billets de banque. Si une banque est en difficulté, celui-ci peut s'évaporer. La chute de Credit Suisse en mars dernier a montré la panique que cela peut engendrer.

Moins d'électricité et moins de risques

Hans Gersbach a élaboré avec Roger Wattenhofer, professeur des systèmes et réseaux distribués à l'ETH Zurich, une proposition de conception d'un franc suisse numérique, baptisé l'e-franc. Il serait librement échangeable contre du liquide et des avoirs en compte et permettrait des paiements sécurisés avec le standard d'anonymat actuel. L'e-franc serait émis uniquement par la Banque nationale, les banques commerciales continuant à jouer le rôle d'intermédiaires entre Banque nationale et particuliers.

Le système fonctionnerait sur une blockchain à deux niveaux distincts: l'un dédié à la sécurité et à la validation des transactions, l'autre aux liens entre les personnes qui paient et celles qui reçoivent l'argent. Ainsi, le système serait rapide, évolutif et sûr. Contrairement au bitcoin, par exemple, l'e-franc ne nécessiterait pas de preuve de travail, soit de qualification des transactions par l'intermédiaire de milliers de nœuds sur Internet, ce qui consomme énormément d'énergie. La vérification de l'e-franc se ferait par l'intermédiaire de quelques acteurs prédéfinis: «La dépense d'énergie serait ainsi à peu près la même que pour les transactions bancaires actuelles sur Internet», note Hans Gersbach.

L'étude de Hans Gersbach et Roger Wattenhofer montre que l'e-franc est techniquement et réglementairement possible – et souhaitable pour le public. Car selon Hans Gersbach, l'e-franc devrait discipliner les banques d'affaires. Car pour chaque franc numérique que la clientèle demande à sa banque, celle-ci doit dispo-

ser d'assez de réserves pour l'acheter à la BNS. Les banques d'affaires ne pourraient pas créer elles-mêmes d'e-francs, comme c'est le cas aujourd'hui pour la monnaie fiduciaire. «Les banques d'affaires devraient faire en sorte de mieux s'armer face aux crises.» Il en résulterait moins d'opérations de crédit risquées, moins de volatilité et de bulles financières dans le système économique.

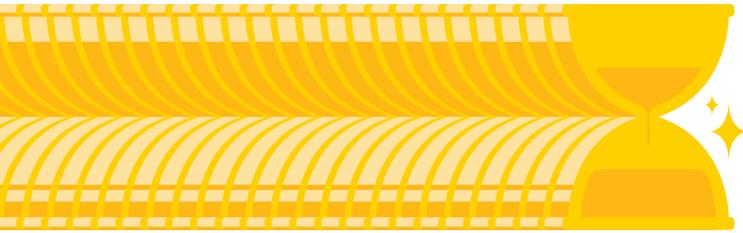
En Papouasie-Nouvelle-Guinée, les communautés indigènes utilisent encore cette monnaie en plus du kina, la monnaie légale, et **certains gouvernements provinciaux en exigent l'emploi**. La Nouvelle-Bretagne orientale a ainsi autorisé qu'on y recoure pour payer les impôts. En 2002, la première banque de coquillages du monde a ouvert près de la ville de Rabaul. Même le nom de kina provient des moules de Kina.

Fin 2022, il a semblé un bref instant que les cryptomonnaies n'étaient qu'un grand battage médiatique: le projet de Facebook avait échoué, les bitcoins avaient perdu environ 60% de leur valeur en novembre par rapport au début de l'année. Malgré tout, ce n'est pas la fin des cryptomonnaies, affirme Aleksander Berentsen, professeur à la Faculté des sciences économiques de l'Université de Bâle, qui étudie principalement la blockchain et les cryptoactifs. «Bien sûr, le commerce des cryptomonnaies attire de nombreux aventuriers et c'est parfois le Far West. Mais cela ne change rien au fait que la technologie blockchain s'imposera dans le domaine financier.»

Selon l'économiste, la recherche se focalise aujourd'hui davantage sur les stablecoins, des cryptomonnaies dont les prix sont censés être stables, car, contrairement au bitcoin, une valeur patrimoniale est déposée – c'est du moins la promesse. La plateforme Ethereum, basée sur une blockchain, s'est établie pour la créa-

tion et le négoce de différents stablecoins. «Ethereum est nettement plus efficace que l'infrastructure financière actuelle», note le chercheur. Il l'illustre par Uniswap, une cryptobourse décentralisée sur la blockchain Ethereum, créée en novembre 2018 en tant que projet open source par Hayden Adams, un ancien ingénieur de Siemens. Aujourd'hui, elle est largement supérieure aux bourses centralisées comme Coinbase et Nasdaq, en termes de chiffre d'affaires par employé: Uniswap a encaissé 1,21 milliard de dollars de frais en 2021 avec 37 collaborateurs, contre 3, 5 milliards pour le Nasdaq avec ses plus de 4700 employées.

Les contrats intelligents (smart contracts), à la base du système d'Uniswap, font toute la différence. Ils permettent de programmer d'innombrables fonctions pour une monnaie numérique. Par exemple, des contrôles automatisés contre le blanchiment d'argent. Ou la réglementation Know-your-customer de l'autorité de surveillance bancaire nationale, qui peut être automatisée via des listes blanches. Aleksander Berentsen s'attend à ce que tout un écosystème de nouveaux services financiers soit créé autour d'Ethereum. Dont de nouvelles monnaies numériques qui devraient voir le jour sous forme de stablecoins privés. Il part du principe qu'à l'avenir, tout le monde aura un compte cryptographique privé et



Quand le temps est littéralement de l'argent

Fondation: 1995 **Utilisatrices:** plus de 3 mio (2012 au Japon)

Au Japon, plus d'un quart de la population a plus de 64 ans. C'est l'une des raisons pour lesquelles le fureai kippu, une sorte de monnaie de temps, a un rôle important dans le système social de l'Etat insulaire. **L'unité monétaire est une heure de travail** pour une personne âgée ayant besoin d'aide. Les heures travaillées peuvent être épargnées dans une banque du temps pour pouvoir bénéficier soi-même de soins plus tard ou transmettre ces heures à d'autres. Les personnes âgées peuvent ainsi rester plus longtemps chez elles et le système de santé public est déchargé. En parallèle, le fureai kippu réduit la solitude et a **un effet positif sur la santé et la longévité**. Au moment de la dernière enquête officielle, en 2012, plus de 3 millions de personnes participaient au système.

Depuis, l'idée s'est répandue dans le monde et a aussi été imitée en Suisse. **Zeitgut Luzern, par exemple, encourage depuis 2013 l'aide de voisinage** via des crédits de temps. L'association caritative a déclaré avoir fourni près de 40 000 heures d'aide entre 2013 et 2023. Aux dernières nouvelles, elle comptait plus de 700 membres. Alors qu'elle fonctionne indépendamment du système monétaire, certains Fureai Kippu au Japon permettent également de convertir les heures de travail fournies en valeurs monétaires – sur la base de la confiance, et sans aucune garantie légale.

qu'une grande partie du système financier migrera vers une infrastructure blockchain. L'argent liquide disparaîtra à moyen terme, remplacé par des cryptomonnaies concurrentes, qui permettront un anonymat limité.

Lorsque Facebook a dévoilé ses projets en 2019, on craignait qu'avec sa propre cryptomonnaie le groupe puisse récolter encore plus de données sur ses utilisatrices qu'il ne le fait déjà avec Facebook, Instagram, YouTube et WhatsApp. C'est pourquoi des experts en droit préconisent également que les Etats ne confient pas simplement l'émission de monnaies numérisées à l'économie privée. Car même si l'expérience Libra a échoué, personne n'ignore que d'autres groupes technologiques, dont Google, s'intéressent à ce champ d'activité. Dans ce contexte, la fondation d'évaluation des choix technologiques TA-Swiss a lancé sans attendre un appel d'offres pour l'estimation des risques liés aux nouvelles formes d'argent virtuel. Elle écrit que des entreprises privées pourraient «gagner une influence financière et politique significative», et que les systèmes monétaires globaux d'entreprises privées «remettent en question les approches actuelles en matière de régulation du trafic des paiements au niveau national».

Harald Bärtschi, professeur titulaire à l'Université de Zurich, note: «L'introduction d'un franc numérique nécessite aussi un débat politique sur le niveau de protection des données nécessaire et le degré de transparence justifiable.» Ce juriste s'est spécialisé dans les questions liées à la technologie financière et à la blockchain. Selon lui, il est dans la nature d'une blockchain publique que l'effacement des données soit quasi impossible et que toutes les transactions y soient durablement enregistrées et consultables. Car la traçabilité et la transparence sont les grandes promesses de celle-ci, même si le bitcoin est devenu l'un des moyens de paiement préférés du crime organisé et des pirates informatiques.

L'argent comptant se caractérise justement par le fait qu'il ne laisse quasiment aucune trace de données. Où serait le droit à l'oubli avec l'e-franc, par exemple pour des transactions privées datant de plusieurs années? Ou encore: que deviendrait le droit à la sphère privée et à la protection des données si exploitants ou autorités pouvaient voir toutes ces transactions financières privées sur la blockchain?

Malgré la Crypto Valley zougnoise et les investissements importants dans la recherche

et le développement, il n'est toujours pas certain que la Suisse fera partie des précurseurs en matière d'e-monnaie.

La politique suisse est hésitante

Dans un rapport de 2019, le Conseil fédéral est arrivé à la conclusion qu'une monnaie électronique de banque centrale accessible à l'ensemble de la population n'apporterait aucun avantage supplémentaire à la Suisse. Interrogée à ce propos, la Banque nationale suisse (BNS) indique que différents projets de CBDC sont en cours, mais qu'ils ont un «caractère purement exploratoire» et ne doivent «pas être perçus comme une indication pour ou contre l'introduction d'une CBDC». Hans Gersbach du FinsureTech Hub note: «Sur le plan politique, les choses n'avancent que lentement et on est devenu plus prudent encore depuis la crise de Credit Suisse. C'est regrettable, car avec l'e-franc, nous pourrions aussi résoudre le problème du 'too big to fail' un jour ou l'autre.»

Selon lui, l'introduction progressive de l'e-franc stabiliserait le système financier sans qu'il soit nécessaire de définir un nouveau cadre réglementaire. Il est convaincu que l'e-franc renforcerait la concurrence sur le marché financier s'il était couplé à la possibilité de contrats intelligents. Après des décennies de concentration, il serait ainsi à nouveau possible de décentraliser davantage le secteur financier. Il n'est donc guère étonnant que les grandes banques d'affaires et leurs représentants et représentants au Parlement craignent de tels changements. Leurs privilèges sont menacés, avant tout celui de créer de l'argent et de réaliser des affaires à haut risque et profitables, souvent détachées de l'économie réelle.

Hans Gersbach croit néanmoins que l'introduction de l'e-franc pourrait avoir lieu très vite. «Les progrès de l'e-euro mettront aussi la politique suisse sous pression.» Si les Etats membres de l'UE et la BCE s'y attellent sérieusement, l'euro numérique pourra déjà être disponible en 2026. De son avis, il est probable qu'une variante minimale d'un franc numérique s'imposera dans quelques années, avec des limitations de conversion et de longues phases d'introduction. La disruption serait ainsi moins grande que ce que souhaitent les groupes technologiques de la Silicon Valley. En contrepartie, la nouvelle monnaie serait démocratiquement légitimée, bien étayée juridiquement et compatible avec le système économique.

Samuel Schlaefli est journaliste indépendant à Bâle.

Plus de 400 000 bovins
sont menés à l'abattoir
chaque année en Suisse.
Une partie d'entre eux est
vendue aux enchères sur
les marchés aux bestiaux,
comme ici à Zuzwil (SG).
Les paysans doivent pou-
voir y obtenir un prix
aussi élevé que possible.

Photo: Tom Huber



Qui donne possède le pouvoir

Bien que l'argent soit perçu de manière plutôt rationnelle en Suisse, disposer de moyens financiers reste synonyme de pouvoir. Cela vaut tant pour l'influence politique des super-riches qu'au sein du couple.

Texte Ümit Yoker

En Suisse, la réponse sur ce qu'est l'argent est plutôt prosaïque: pour la majorité, c'est un moyen de parvenir à ses fins, qui rend libre et autonome et permet de faire ce qui importe pour soi. Dans ce contexte, l'épargne compte aussi: de nombreuses personnes ont intégré à travers leurs parents qu'on ne dépense pas plus que ce que l'on possède.

Mais ce n'est pas le seul constat fait par la sociologue Caroline Henchoz et deux collègues dans leur projet de recherche sur la socialisation financière des jeunes. Malgré la grande homogénéité de l'attitude face à l'argent, des différences culturelles se dessinent également. Ainsi, les Romands attribuent plus fréquemment une signification sociale aux moyens financiers que les Alémaniques ou les Tessinoises. Et côté romand, on les considère aussi en partie comme un symbole de prestige et de pouvoir.

C'est ce qui ressort d'une enquête en ligne des chercheuses, à laquelle ont participé près de 1400 personnes. La professeure de la Haute école de travail social et de la santé de Lausanne a découvert encore une différence dans l'approche de l'argent entre les personnes qui l'utilisaient pour démontrer leur pouvoir et celles qui y avaient recours pour l'obtenir. Ces dernières ont plutôt des dettes à long terme, sous forme de leasing ou d'hypothèque par exemple, et davantage de factures échues. «Lorsque les biens matériels représentent un symbole important de réussite individuelle, la tentation d'acquérir plus que ce que l'on peut réellement se permettre est probablement plus grande», commente Caroline Henchoz.

Les privilèges restent chez l'homme

Même en amour, l'argent joue souvent un rôle plus important qu'on ne voudrait peut-être l'admettre. Dans le cadre d'un autre projet de recherche, Caroline Henchoz a ainsi interrogé près de 60 couples sur l'importance et l'utilisation de l'argent. Elle voulait comprendre pourquoi le déséquilibre financier entre les sexes dans la société est souvent reproduit et maintenu dans la relation, bien que la plupart des couples tiennent clairement à l'égalité. Dans les couples, lorsqu'il s'agit de grandes dépenses pour le ménage, les femmes ont souvent moins d'autonomie décisionnelle que les hommes. Elles disposent de moyens plus réduits pour les dépenses personnelles et peuvent moins bien se préparer aux impondérables de l'avenir. «Les femmes interviewées sont tout à fait conscientes qu'elles n'ont pas le même statut économique ni la même indépendance financière que les hommes», constate la sociologue. Néanmoins, elles considèrent que leur relation est équilibrée et ne se sentent ni sous tutelle ni dominées. Pour mieux comprendre cette contradiction, Caroline Hen-

choz préconise de s'intéresser d'abord au ciment qui, selon la définition actuelle de l'amour, maintient un couple. L'amour se manifesterait par le fait d'orienter ses propres actions et pensées vers le bien-être de l'autre – le don étant la monnaie d'échange. «Mais la contribution convenable exacte pour démontrer et renforcer le lien avec l'autre dépend fortement du genre.» A cet égard, l'argent est particulièrement révélateur: alors que le revenu de l'homme est perçu comme une contribution au bien-être de la famille et que chez lui l'activité professionnelle est conforme aux attentes de la société en matière de rôles, il n'en va pas forcément de même pour la femme. «Dans les familles plus traditionnelles, l'activité professionnelle féminine est davantage considérée comme un facteur de coût, un besoin personnel de se réaliser qui empêche la femme de remplir pleinement ses obligations domestiques», remarque la chercheuse. Et peu importe la quantité d'argent qu'elle apporte à la maison: il pèse moins dans la balance de l'échange conjugal que le revenu de son conjoint, tout comme les tâches ménagères et familiales qu'elle remplit ne compensent pas la contribution masculine. A côté de son activité professionnelle, ces tâches domestiques peuvent même être perçues comme une dette que la femme a envers sa famille: un remerciement pour leur compréhension de son désir d'avoir une activité rémunérée.

Mais, dès lors que ni l'argent gagné par la femme ni son travail domestique n'ont la même valeur que le revenu de l'homme, pourquoi les couples interrogés par Caroline Henchoz sont-ils convaincus de contribuer de manière égale à la relation? «La générosité de la femme se manifeste essentiellement dans l'accord conscient qu'elle donne aux privilèges masculins. Par exemple, elle tolère qu'il dépense plus qu'elle ne le ferait elle-même», explique la chercheuse.

D'une part, la femme légitime et consolide ainsi le déséquilibre de pouvoir financier dans le couple. De l'autre, les prérogatives de l'homme ne sont pas une conséquence de sa domination, mais au contraire le résultat de la générosité féminine. Ces prérogatives sont perçues comme librement choisies, convenues d'un commun accord et facilement réversibles, de sorte qu'elles ne contredisent pas l'idéal égalitaire. «Un véritable équilibre ne dépend toutefois pas simplement de la bonne volonté du couple, souligne la scientifique, mais aussi fortement des mesures politiques prises pour promouvoir l'égalité salariale et la conciliation entre vie privée et professionnelle pour les femmes, mais aussi pour les hommes.»

Vertu importante au sein de la société, la générosité va aussi volontiers de pair avec l'influence. Les dons permettent certes de financer de nombreuses choses qui ne le seraient

pas autrement. Mais en même temps, ils signifient aussi que seul ce que les donateurs et donatrices jugent important est encouragé. Pour le sociologue Ueli Mäder, professeur émérite à l'Université de Bâle, les allègements fiscaux représentent par ailleurs un motif secondaire important à cet égard. Après les Etats-Unis, la Suisse affiche le deuxième volume de dons le plus important par habitant. Dans son livre consacré à la manière dont les riches pensent et exercent leur influence («Wie Reiche denken und lenken»), le chercheur avance qu'une imposition plus élevée des plus riches permettrait de lutter davantage contre les inégalités structurelles que la charité: «Le mécénat privé peut compléter l'Etat social, mais ne peut pas le remplacer», dit-il.

Les chances de gravir l'échelle sociale dans un pays ne devraient tout particulièrement pas dépendre de l'argent. Les sociétés démocratiques s'accordent à dire que tout un chacun, indépendamment de son origine sociale et de la situation financière des parents, devrait avoir les mêmes chances. «L'accès à l'éducation joue un rôle central à cet égard, explique l'économiste Isabel Martínez qui travaille à l'institut KOF de l'ETH Zurich. Dans notre pays, la mobilité éducative serait toutefois inférieure à la moyenne: les enfants dont au moins un parent possède un titre universitaire ont cinq fois plus de chances d'aller au gymnase que les enfants d'ouvrières. «Malgré tout, la Suisse est bien placée en ce qui concerne les revenus du travail», ajoute la chercheuse. Les enfants du quart inférieur de la répartition des revenus se hissent en moyenne au milieu de l'échelle de la répartition des salaires. «Le système de formation

«Là où les biens matériels sont un symbole important de réussite, la tentation d'acquérir plus que ce que l'on peut se permettre est probablement plus grande.»

Caroline Henchoz

dual est jusqu'ici parvenu à assurer une base financière solide et des possibilités d'ascension professionnelle aux personnes qui font un apprentissage», indique-t-elle.

En matière de formation, l'argent n'est toutefois pas le facteur décisif, estime l'économiste. «La valeur que la famille accorde à la formation a tout autant de poids.» Etant donné que la formation et le revenu des parents sont en étroite corrélation, il est difficile de faire la part des choses et de savoir lequel de ces facteurs a le plus d'influence. «Accroître l'égalité des chances est aussi judicieux du point de vue libéral», affirme Isabel Martínez. Il est en effet moins efficace, sur le plan économique, de former à la chirurgie des personnes dont les parents ont déjà étudié la médecine que d'en former qui savent habilement manier le scalpel indépendamment de la profession exercée par leur mère et leur père.

La plus grande inégalité en Suisse est la fortune, note Isabel Martínez. Dans ce domaine, notre pays présente l'une des concentrations les plus élevées: le pour cent le plus riche de la population possède 40% de toute la fortune du pays. Avec une équipe de scientifiques, l'économiste a récemment cherché à savoir dans quelle mesure les changements d'imposition fiscale étaient responsables de la concentration de fortune à laquelle on a assisté au cours des dernières décennies. Elle a constaté qu'ils n'expliquaient que 20 à 25% de cette augmentation. La longue période sans guerre et la politique économique constante du pays ont aussi joué un rôle important, au même titre que l'attractivité de la Suisse pour les multinationales et les personnes fortunées du monde entier. Un attrait qui est naturellement aussi lié à la politique fiscale et à la concurrence cantonale dans ce domaine.

L'argent hérité apporte aussi le pouvoir en héritage

L'érosion de l'impôt sur les successions devrait aussi avoir contribué à la concentration progressive de la fortune: depuis la fin des années 1990, presque tous les cantons l'ont aboli pour les descendantes et descendants directs, et il n'existe pas au niveau fédéral. Aujourd'hui, les successions constituent une part notable de la fortune des super-riches, comme le souligne Isabel Martínez. Selon le magazine Bilan, près de 60% des 300 personnes les plus riches sont des héritières. Tandis qu'aux Etats-Unis, seules 30% des personnes classées au Forbes 400 ont hérité de leur fortune. Les autres y ont accédé en créant une entreprise.

«Une telle tendance finit par être préoccupante, et pas seulement d'un point de vue démocratique, commente la scientifique. Car en fin de compte, fortune, revenu et prise d'influence vont main dans la main.» Cette évolution soulève la question de la capacité d'innovation d'une économie dans laquelle on parvient au sommet de la répartition de la richesse non pas grâce à ses idées, mais simplement grâce à l'argent reçu de ses parents.

«Le succès en politique est aujourd'hui plutôt une question de ressources financières et de réseau», complète le sociologue Ueli Mäder. Mener des campagnes et s'imposer aux élections coûte nettement plus qu'avant, et les contacts utiles sont fortement tributaires de l'origine sociale. «Un engagement marqué au niveau communal et cantonal n'est aujourd'hui plus une courroie de transmission suffisante pour atteindre des postes élevés en politique.»

«Pour qu'un impôt sur la succession plus élevé fasse changer la situation actuelle, il doit être douloureux», estime Isabel Martínez. Politiquement, un tel impôt de l'ordre de 50% sur les très grandes fortunes a toutefois peu de chances de voir le jour. De plus, il ne changerait rien au fait que les enfants fortunés ont de meilleures cartes en main dès leur plus jeune âge. Tout au moins, une telle hausse fiscale pourrait constituer un avertissement à ne pas entièrement se reposer sur l'argent de ses parents pour s'en sortir.

Ümit Yoker est journaliste indépendante à Lisbonne.

«Nous voulons éviter le sentiment de pouvoir perdre quelque chose»

Pourquoi nous devrions investir dans des expériences plutôt que dans des biens. Et pourquoi l'argent ne corrompt pas plus le caractère que la pauvreté ne rend les gens meilleurs. Entretien avec Anne Herrmann, psychologue économique.

Interview Bernhard Ott Photo Lea Meienberg

L'argent ne m'intéresse pas tellement. Qu'est-ce que cela révèle de moi?

Notre éducation influence notre attitude face à l'argent. Argent et finances constituaient-ils un sujet de discussion à la maison? Admire-t-on les personnes fortunées? Ou y avait-il des soucis d'argent au quotidien?

Dans ce cas, je viens donc d'une famille ni aisée ni pauvre?

Il existe aussi des personnes issues de milieux aisés qui ne se soucient guère de l'argent. Les jeunes disent souvent ne pas accorder une grande importance au fait d'en gagner. Ils sont probablement issus de familles à l'abri des soucis d'argent et n'ont aucune conscience de ce qu'il faut pour assurer le niveau de vie de leurs parents. Dans les familles aisées, l'argent est rarement un sujet de discussion. Non pas parce qu'il n'est pas important, mais parce qu'on l'utilise moins comme argument dans les décisions. Alors que dans les familles moins bien loties, les enfants entendent plus souvent dire que l'on ne peut pas faire certaines choses pour des raisons financières. Cela les marque.

Ce désintérêt des jeunes pour l'argent est peut-être aussi dû à l'image du riche mal élevé. Selon une étude américaine, les gens aisés volent plus souvent la priorité sur la route ou le papier à photocopier au bureau. L'argent gêne-t-il le caractère?

On ne peut pas l'affirmer ainsi. Aux Etats-Unis, on admire aussi les personnes qui gagnent beaucoup. Inversement, les gens démunis ne sont pas tous bons. La pauvreté peut aussi mener à des méconduites, par exemple parce qu'on peut se convaincre qu'il faut obtenir des choses de façon déloyale.

La peur du déclassement social hante de nombreuses personnes en Suisse, pays pourtant riche en comparaison internationale. Pourquoi?



C'est un phénomène intéressant, car la sécurité sociale est importante en Suisse. On ne peut pas tomber aussi bas que dans d'autres pays. De façon générale, on peut dire que les gens réagissent émotionnellement plus fortement à la perte qu'au gain. On parle d'aversion à la perte: si quelqu'un gagne 800 francs à la loterie, il s'en réjouit pendant un certain temps. Mais celle qui perd 800 francs, en comparaison, s'en irriterait bien davantage et plus longtemps.

La focalisation sur les pertes tendrait-elle à rendre malheureux?

On peut le voir ainsi. Mais cela peut aussi motiver à assurer ses arrières sur le plan financier. Les assurances vivent de cela. Nous préférons payer une petite somme par an pour ne pas devoir vivre dans la crainte de perdre de plus gros montants. Nous voulons absolument éviter le sentiment de pouvoir perdre quelque chose. Là aussi, c'est l'aversion pour la perte qui nous anime.

En 1974, l'économiste Richard Easterlin a démontré que l'essor conjoncturel n'avait pas rendu les Américains plus heureux. Depuis, ce paradoxe a été confirmé ailleurs. Comment l'expliquer?

Nous comparons notre revenu individuel et notre situation de vie à ceux de notre entourage. Comment je me situe en termes de revenus par rapport aux personnes que je connais? C'est ce qui compte. Notre sentiment de bonheur n'augmente donc guère quand notre situation s'améliore ou lorsqu'elle est meilleure que celle de gens vivant dans d'autres pays.

Le besoin de comparer rend-il insatisfait?

Cela ne nous rend, en tout cas, pas plus satisfaits. D'autant que notre perception des autres est sélective et irrationnelle. Si la voisine achète une voiture coûteuse, nous pensons qu'elle se porte mieux que nous-mêmes, alors qu'elle vient de dépenser un gros montant et dispose donc actuellement de moins d'argent.

Une experte en dépenses

Anne Herrmann est professeure de psychologie économique et directrice de l'Institut des propositions du marché et des décisions de consommation à la Haute Ecole spécialisée de la Suisse du Nord-Ouest (FHNW). Elle étudie les décisions et les comportements de consommation et recommande de **noter les émotions que suscitent nos dépenses: avons-nous ressenti de la joie?** Avions-nous mauvaise conscience? N'y avait-il aucune émotion? Après quelques semaines, cet exercice nous aide à mieux cerner notre relation à l'argent.

Lorsque nous utilisons certains symboles de statut pour nous comparer aux autres, cela peut nous rendre plus insatisfaits. Mais cela dépend aussi de nos valeurs: nous en sommes surtout plus malheureux si nous pensons que de tels symboles de statut nous rendraient plus heureux.

La croissance et la consommation en hausse ne rendent donc pas plus heureux à terme?

C'est le cas dans la société de consommation occidentale actuelle, mais il n'en a pas toujours été ainsi: dans les années 1950 et 1960, la croissance économique a amélioré notre qualité de vie. Toujours plus de personnes pouvaient ainsi s'offrir des commodités telles que des réfrigérateurs ou des téléviseurs couleur. Mais la joie était plutôt limitée. D'une part, ces achats ont rapidement perdu le pouvoir de se distinguer des autres. D'autre part, s'est fait sentir l'adaptation hédonique: nous nous habituons à ces agréments, et les considérons comme banals. Ils ne déclenchent donc plus de sentiment de bonheur.

Selon la recherche sur le bonheur, investir dans des expériences rend plus heureux que d'investir dans des biens de consommation. Pourquoi?

On entend dire que si l'argent ne rend pas heureux, les personnes concernées ne le dépensent pas correctement. Des expériences et des activités nous rendent plus heureux que des biens matériels, car nous n'en retirons pas «que» le plaisir de l'activité, mais aussi celui de son anticipation et des bons souvenirs qu'elle laisse. Le plus souvent, ces expériences s'accompagnent aussi d'interactions sociales avec des personnes chères. C'est la combinaison des deux principes favorables au bonheur: la «création d'expériences positives» et les «dépenses sociales», soit le partage de l'expérience du bonheur avec d'autres. De multiples petites expériences réparties sur l'année ont un effet plus positif que les grandes vacances, qui suscitent des attentes très élevées.

Depuis la pandémie, le paiement électronique est en plein essor et nous ne ressentons donc plus la «douleur de payer», comme vous l'exprimiez un jour. Ce paiement dématérialisé incite-t-il aux dépenses inconsidérées?

La dépense est effectivement plus facile quand elle est indolore. Mais, grâce aux paiements numériques, nous pouvons plus facilement identifier comment nous avons dépensé notre argent. Nous voyons pourquoi les dépenses ont augmenté. Il nous est ainsi possible d'adapter notre comportement, par exemple en freinant nos achats spontanés en ligne. Il vaut la peine de vérifier ses relevés bancaires régulièrement et d'identifier les dépenses inutiles. Mais pour réellement améliorer sa situation financière, il faut surtout examiner les grosses dépenses et se demander quelles sont ses priorités: a-t-on besoin d'un grand appartement? D'une voiture neuve? A-t-on vraiment besoin d'une voiture? Les assurances sont-elles toutes utiles?

Certains instituts financiers proposent des cartes de crédit avec le slogan «Acheter aujourd'hui, payer plus tard». Un piège à l'endettement?

Ces offres ne sont jamais gratuites, puisqu'on paie des intérêts de retard. Il faut donc bien réfléchir à leur influence sur son propre comportement de consommation. D'un point de vue psychologique, il s'agit d'organiser son cadre de vie de sorte à prendre des décisions positives. Celles et ceux qui se savent plus vulnérables aux achats impulsifs pourraient commencer par renoncer délibérément à de tels services.

Nous nous dirigeons vers une société sans argent liquide. Comment cela va-t-il changer la société?

Nous sommes très différents, aussi dans notre rapport à l'argent. Pour les unes, il est plus pratique de se passer d'argent liquide. Le format de paiement ne modifie pas leur comportement face aux dépenses: elles se contenteront toujours d'acheter ce dont elles ont besoin. Pour d'autres, qui sont plus facilement tentés par l'argent dématérialisé, il s'agit de développer des stratégies afin de prendre, malgré tout, de bonnes décisions. Par exemple en fixant certaines limites à leurs moyens de paiement électronique.

Bernhard Ott est journaliste à Berne.

Les unes souhaitent voir la prostitution disparaître de leur champ de vision. D'autres ne veulent pas que le travail du sexe soit marginalisé. Il est évident que les circonstances influencent le prix de la prestation. Il en va de même dans ce bâtiment du quartier chaud du Niederdorf à Zurich.

Photo: Tom Huber



Informé, optimiser, investir

Six spin-off suisses veulent s'imposer sur le marché de la fintech. Si leurs origines sont similaires, leurs objectifs sont très divers: de l'enrichissement à la durabilité, du logiciel d'entreprise à l'application pour smartphones.

Texte Johannes Giesler Illustrations Niels Blaesi

Arrondir, svp!

Kaspar-und: Spin-off de l'Université de Saint-Gall (2020)

Objectif: investir et prévoir avec de petits montants

«Dès le premier franc, nos clients ont accès à toutes les solutions de placement. Nous levons ainsi des barrières», dit Jan-Philip Schade. Parce que «nous pensons qu'investir est un droit pour tous, qui ne doit pas être réservé aux personnes fortunées». A cette fin, il a fondé la fintech Kaspar-und avec trois comparses. A

chaque paiement avec la carte de crédit Kaspar-und, la somme est arrondie au franc supérieur et cette menue monnaie est automatiquement investie. En échange, les clientes reçoivent, en plus de la carte de crédit, un compte bancaire et un dépôt d'investissement. «Nous plaçons cette monnaie dans l'une de nos cinq stratégies de placement», qui vont de «très réservée» à une stratégie purement axée sur les actions. L'entreprise affirme que ses placements respectent des critères environnementaux et sociétaux et des normes entrepreneuriales mini-

males. En ligne ou avec l'application, les clients peuvent aussi ouvrir d'autres lignes de placement ou d'épargne et les alimenter avec des ordres permanents et des micro-investissements. Une solution de prévoyance pilier 3A en fait aussi partie. Compte et carte sont gratuits, mais une commission de 0,85% par an est perçue sur le patrimoine géré.

Alerte en cas de fluctuations du marché

Adaptiv: Spin-off de l'ETH Zurich (2016)

Objectif: détection précoce de risque pour professionnels

«There is no free lunch.» Soit: pas de rendement positif constant sans risque. L'équipe d'Adaptiv le sait bien. Pourtant, ses trois fondateurs assurent: «Nous protégeons mieux le patrimoine de nos clients contre les grandes crises du marché que les méthodes traditionnelles.» Leur «Adaptiv Sensor» se base sur le doctorat de Tobias Setz, librement accessible. Derrière le concept se cache un procédé mathématique qui décrit la probabilité que les risques aug-

mentent et que les cours chutent. Felix Fernandez explique: «Nous mesurons en permanence les risques du marché et adaptons nos portefeuilles en conséquence.» Si le détecteur donne l'alerte, par exemple si les prix sur un marché fluctuent soudain plus ou que les rendements obtenus sont bien inférieurs aux attentes, l'entreprise revoit ses placements. L'approche fonctionne pour les actions, les devises, les obligations, les matières premières et les cryptomonnaies, précise-t-il. Pour

confirmer les grandes compétences de sa technologie, le spin-off s'appuie sur l'exemple de l'évolution de Credit Suisse: le détecteur a identifié les turbulences de la banque bien avant le krach des cours. La start-up aurait donc retiré ses investissements très tôt. La jeune entreprise a franchi une nouvelle étape: depuis juillet 2023, elle a son propre produit de placement, basé sur des actions, sur le marché.

Pas de profit, mais du sens

Galileo: Spin-off de l'Université de Zurich (2018)

Objectif: investissements durables et jeunes entreprises

Au départ, Sveta Banerjee voulait devenir banquière. Mais en 2008, la crise financière a ébranlé les marchés mondiaux et ses convictions. «J'ai pris conscience que je voulais changer le secteur bancaire.» Elle a commencé à s'intéresser à l'Impact Investing. «Ce n'est pas de la philanthropie, note l'entrepreneuse. Il s'agit, comme pour les placements classiques, de rendement et de croissance. Mais l'argent ne va que dans des entreprises avec un impact social et environnemental positif.» En 2018, elle a fondé la plateforme d'information Galileo sans but lucratif avec deux partenaires. L'objectif: organiser événements et workshops informatifs sur l'impact investing.



«Etudiants, banquiers, consultants en informatique: nous avons complété la formation professionnelle de milliers de personnes.» En 2020, Sveta Banerjee a encore fondé Impact Investing Solutions pour soutenir les start-up et les entreprises en transformation durable. «Pour cela, nous produisons une émission de télévision, qui est suivie par 860 000 personnes par mois, atteintes via différents canaux.» Et le spin-off dispose d'un réseau d'investisseurs d'environ 7000 membres. «Jusqu'ici, nous avons rendu possibles des investissements d'un montant d'un demi-milliard de dollars environ», dit Sveta Banerjee.

Fini les notes de frais

Yokoy: Spin-off de l'Université de Saint-Gall (2019)

Objectif: gestion automatique de dépenses des entreprises

En 2018, Devis Lussi travaillait pour un groupe international et passait chaque mois des heures aux notes de frais. Il doit y avoir une meilleure solution, s'est-il dit – et l'idée de Yokoy est née. «Aujourd'hui, nous proposons une solution logicielle complète de gestion des dépenses», note le cofondateur Philippe Sahli. Elle réunit les dépenses, les factures et la gestion des cartes de crédit d'entreprise sur une seule plateforme.

Une IA y vérifie toutes les entrées. «Notre laboratoire d'IA interne en est la pièce maîtresse», dit-il. L'IA identifie par exemple les dépenses non conformes aux directives de l'entreprise. «Notre logiciel apprend de chaque justificatif et s'améliore de jour en jour.» Yokoy a des clientes dans le monde entier et gère, aux dernières nouvelles, un milliard de dollars environ avec plus de 250 collaborateurs sur six sites. Beaucoup

d'entre eux ont été recrutés directement dans des universités suisses. «Ils constituent un vivier de super-talents», affirme Philippe Sahli.

Plus durable grâce à la transparence

Leafs: Spin-off de l'Université de Bâle (2021)

Objectif: portefeuilles d'investissement transparents

Lars Stauffenegger et Daniel Fink se sont connus lors d'un semestre d'échange à Taïwan en 2020. Ils partageaient la volonté de démocratiser le monde financier futur. «Mieux les investisseurs sont informés, plus ils sont susceptibles de prendre des décisions d'investissement durables et conformes à leurs principes», note Lars Stauffenegger. Un an après, avec Frédéric Wetzler, ils fondaient Leafs, une entreprise de logiciel-service qui veut rendre transparents les risques et aussi et surtout les effets environnementaux et sociétaux d'un portefeuille de placements. L'équipe espère que, grâce aux données présentées de manière com-

préhensible, davantage de capitaux seront investis dans des activités économiques durables. «Nous voulons avoir un impact positif sur le secteur financier et la société dans son ensemble», résume Daniel Fink. Le logiciel de Leafs explique donc aux investisseurs les risques que représentent pour elles leurs placements et les conséquences probables sur l'environnement et la société. Leafs n'est pas encore sur le marché. Responsable produit, Anna Vasileva relève toutefois: «Nous avons déjà reçu des échos positifs de la part de gestionnaires de fortune qui ont examiné notre solution.» L'équipe compte désormais neuf personnes et effectuera, mi-2023, un roadshow en Suisse pour présenter le logiciel à des clients potentiels.

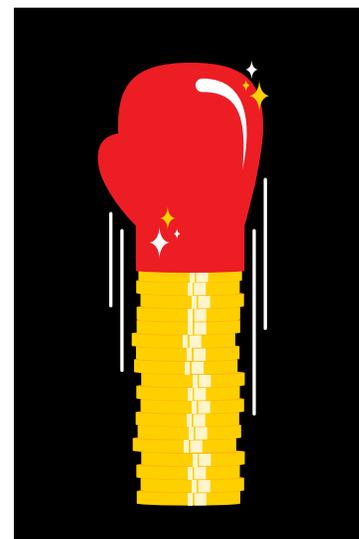
Une IA qui joue à l'évolution

Aionite: Spin-off de l'Université de Zurich (2020)

Objectif: évaluer des stratégies optimales d'investissement

«Nous sommes les premiers à rendre possible l'investissement dans la théorie évolutionniste du marché financier», dit Marco Hoegger. Chez Aionite, tout tourne autour de la survie du plus apte. La start-up investit dans des stratégies de placement qui sont – c'est du moins la promesse – «supérieures d'un point de vue évolutionniste». C'est certes du bon marketing. Mais c'est aussi une IA entraînée à cet effet, qui «évalue et pondère les stratégies d'investissement et détermine les mouvements probables des cours», selon Marco Hoegger. L'IA calcule aussi la probabilité qu'une stratégie fonctionne – plus elle est grande, plus l'investissement est élevé. L'équipe investit à l'échelle globale et de manière très large: en indices, monnaies, obligations et matières premières et mise sur les hausses et les baisses des cours. Elle est donc «en théorie armée pour toutes les phases du marché». Et ses responsables croient en leur produit: «Nous avons investi notre patrimoine selon notre stratégie et sommes donc dans le même bateau que nos investisseurs», dit Marco Hoegger. Après trois ans, Aionite reste étroitement liée à l'Uni de Zurich par les activités de recherche et d'enseignement du second fondateur, Sandro Braun. Cette proximité permet d'impliquer des talents dans des projets communs.

Johannes Giesler est journaliste indépendant à Leipzig.



0.01 % ▼	KINARUS N	2.69	6.73 % ▲	Losser SPI	
0.01 % ▼	IDORSIA N	0.01	6.52 % ▲	LECLANCHE N	
0.05 % ▼	MONTANA N	7.20	3.97 % ▲	Kuros N	
0.09 % ▼	ROMANDE	14.30	2.88 % ▲	SENSIRION N	
	TITL BN BERG N	1305.00	2.76 % ▲	KUDELSKI I	
42.25		45.00	2.74 % ▲	ams-OSRAM	
-0.94 % ▼	BASLER KB PS	61.6	-0.32 % ▼	WISeKey N	
-0.46 % ▼	SIKA N	245.9	1.07 % ▲	BB BIOTECH N	3
				SONOVA N	231.5 -0.

CONVENTION
CENT

- < Link
- < Venture
- < Connect
- < Foyer 2
- < WC

Actions, matières premières, certificats CO2 - à la Bourse, on fixe le prix de nombreuses choses. Les cours affichés étaient des sources d'information importantes quand le commerce se déroulait encore sur le ring. Aujourd'hui, comme ici à Zurich, ils ne font qu'assurer la bonne ambiance lors de l'accueil.

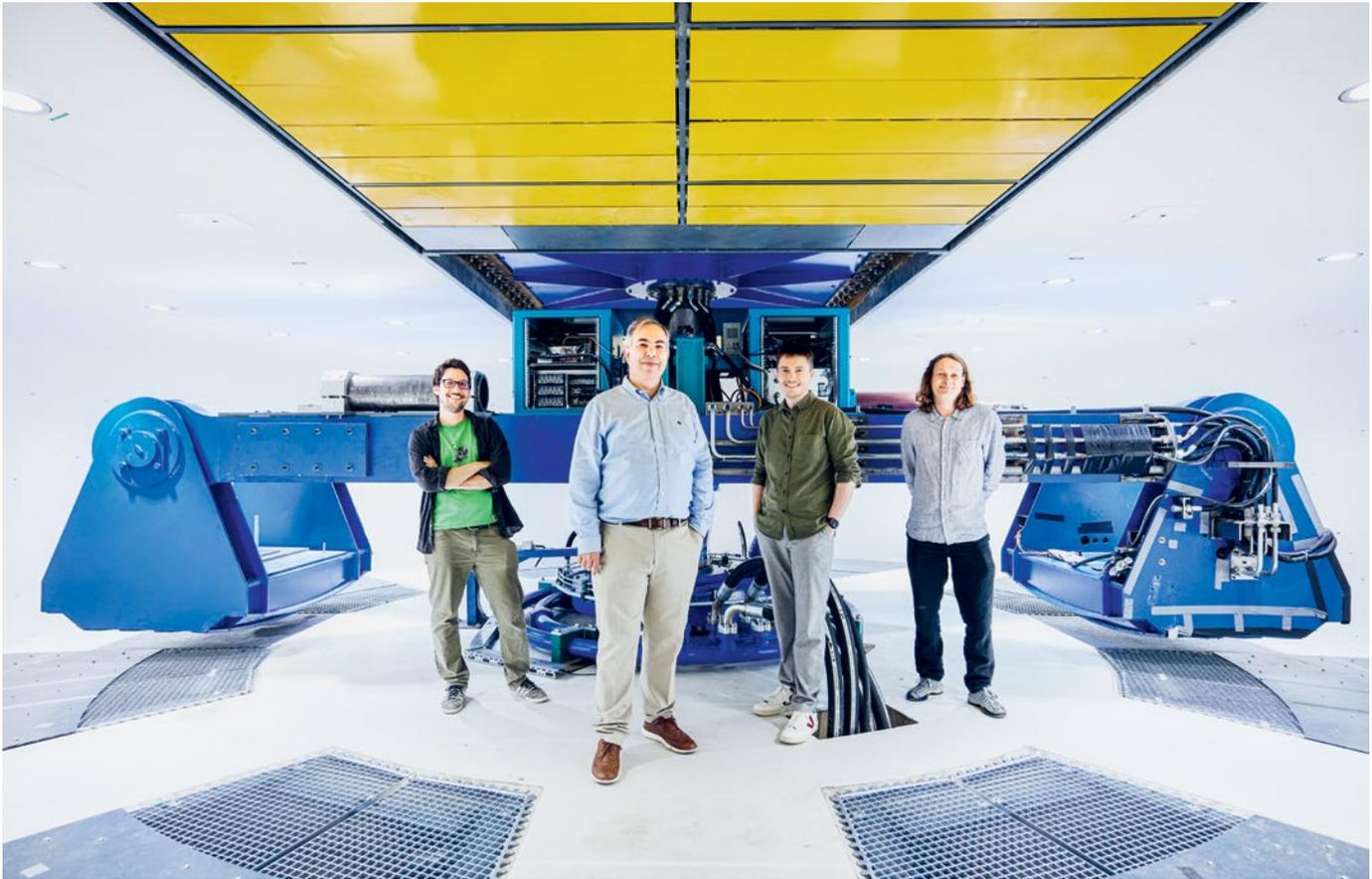
Photo: Tom Huber

La «bête bleue» qui tourne et tourne

Depuis juin, la centrifugeuse de recherche la plus puissante d'Europe est en service sur le campus de l'ETH Hönggerberg (ZH). Elle permet d'étudier les effets des tremblements de terre et des inondations sur les bâtiments, les ponts et les digues.

Texte Florian Wüstholtz Photos Markus Bertschi

1



2



5

4

Elégante, futuriste et d'un bleu éclatant, la «bête bleue» flotte presque en apesanteur dans la salle. Encadrée par un caisson en béton de 245 tonnes, elle attend les premières expériences. C'est là, à quelques mètres sous terre sur le campus de l'ETH Hönggerberg au-dessus de Zurich, que la centrifugeuse de recherche la plus puissante d'Europe est enfin prête à démarrer. Après sept ans d'organisation, de construction, de restauration et de tests. La lourde porte en acier jaune fournit le contraste de couleurs.

Depuis juin, la centrifugeuse permet d'accélérer des modèles pesant jusqu'à 2 tonnes à une vitesse correspondant à 25 fois la gravitation terrestre (G). «Nous allons cependant rester sous cette limite», note le professeur Ioannis Anastasopoulos, qui dirige le Centre de recherche pour la modélisation centrifuge à l'Institut de géotechnique de l'ETH Zurich. «Les expériences sont en général menées dans la zone des 100 G», ajoute Ralf Herzog, responsable du montage technique et du bon fonctionnement de tous les systèmes. Néanmoins, quand la centrifugeuse prend de la vitesse et tourne à environ 250 km à l'heure, le spectacle est effrayant. Le seul bruit des pompes à huile hydrauliques de 1000 chevaux est infernal.

L'installation dans une aile du bâtiment spécialement transformée à cet effet avait nécessité l'utilisation d'une artillerie lourde. Il y

a trois ans, la plus grande grue de Suisse a déposé la chambre en béton dans la fosse creusée à cet effet. La chambre repose sur quatre ressorts en acier conçus spécialement et sert de fondation à la centrifugeuse. Quand celle-ci tourne et libère ses forces, les ressorts et l'enveloppe de béton absorbent la moindre vibration. Ainsi, aucune expérience hautement sensible menée dans des laboratoires voisins n'est affectée.

Il a fallu un an pour installer la «bête bleue» de près de 20 tonnes. Restée des années dans un hangar de Bochum, après avoir servi vingt ans pour des travaux de recherche, elle a été entièrement restaurée. Ralf Herzog raconte: «La première fois que nous l'avons vue, je pensais qu'elle ne refonctionnerait pas. Hormis la poutre en acier massif, presque tout est neuf: nous avons renouvelé et modernisé les roulements, les moteurs, l'hydraulique, l'électronique et les capteurs.» Les expériences peuvent désormais commencer.

Cent fois plus petit et plus léger

«Nous simulons des systèmes de structure de sol, soit des constructions ancrées dans le sol, comme des fondations, une digue ou un pont», explique Ioannis Anastasopoulos. Un pont est justement un bon exemple, car il est ancré par plusieurs piliers dans un sol liquéfiable. Il est en effet difficile d'étudier le comportement d'un sol et du bâtiment posé par-dessus en cas de tremblement de terre. «En laboratoire, nous ne pouvons pas construire une couche de sol épaisse de 30 mètres. Nous devons travailler à plus petite échelle, avec des modèles.»

Le problème: le rôle crucial du poids joue dans l'interaction entre le sol et la structure: «Dans la centrifugeuse, ce problème est résolu grâce à la gravité artificielle», dit Ioannis Anastasopoulos. Lorsque le bras rotatif de près de 9 mètres de long tourne sur son axe 148 fois par minute, le modèle 100 fois plus petit et plus léger que dans la réalité subit une accélération gravitationnelle 100 fois plus élevée que celle de la Terre. Ainsi, poids, force et charge s'équilibrent à nouveau.

Grâce à la «bête bleue», l'équipe de Ioannis Anastasopoulos espère notamment mieux comprendre l'impact des séismes sur les constructions. «Le sol influence fortement la capacité de résistance d'un bâtiment à une accélération sismique. Nous l'avons hélas vu récemment en Turquie», rappelle-t-il. Suivant la géologie de l'endroit, les ondes sismiques ont modifié les propriétés du sol et eu des effets très divers sur les bâtiments. Certains se sont effondrés comme des châteaux de cartes



- 1 Impressionnante même à l'arrêt: Lampros Sakellariadis, Ioannis Anastasopoulos, Liam Jones et Ralf Herzog devant la centrifugeuse de recherche.
- 2 Les ressorts en acier spécialement conçus absorbent les moindres vibrations.
- 3 L'accès à la centrifugeuse est condamné par une porte massive de plusieurs tonnes pendant les expériences. Ici, elle tourne très lentement à des fins de démonstration.
- 4 Ioannis Anastasopoulos explique le fonctionnement de la «Bête bleue»: les roulements, les moteurs, l'hydraulique, l'électronique et les capteurs ont été entièrement refaits et modernisés pour l'EPF.
- 5 Assourdissant: des pompes à huile d'une puissance de 1000 chevaux font tourner la centrifugeuse et provoquent un bruit infernal.

après avoir été secoués de gauche à droite comme dans un gobelet. D'autres se sont couchés sur le côté, presque indemnes, car le sol en dessous s'était pour ainsi dire liquéfié. «La réaction d'une structure à un tremblement de terre dépend fortement de la nature du sol. Notre centrifugeuse nous permet de mieux étudier et comprendre ce phénomène, puis de fournir ainsi plus de sécurité en cas de séisme.»

Les tsunamis et les inondations dévastatrices sont un autre domaine d'application. «Lors de tels événements, les fonds marins ou les lits des rivières sont érodés en peu de temps, si bien que, souvent, les structures et les fondations cèdent», explique Ioannis Anastasopoulos. Un dispositif spécial permet de simuler un flux d'eau continu dans la centrifugeuse, comme celui qui a provoqué l'inondation catastrophique de 2021 en Allemagne.

Vingt tremblements de terre par minute

«Le plus gros travail, c'est de préparer une expérience, note le directeur. Les modèles doivent être construits précisément et répondre à des paramètres spéciaux pour pouvoir être utilisés pour la simulation.» Une machine spécialement conçue empile le sable qui servira de modèle au sol selon la densité, la quantité et le poids appropriés. Les modèles de ponts et de fondations imprimés en 3D sont testés au préalable pour vérifier leur comparabilité statique. Et même l'eau utilisée dans le modèle est spéciale: un mélange très visqueux d'eau et de méthylcellulose qui se comporte de manière adéquate sous l'effet d'une forte gravité.

C'est alors seulement que le modèle peut être placé sur l'une des deux bascules de la centrifugeuse. Il ne faut alors que dix à quinze minutes pour atteindre la vitesse de rotation nécessaire. Pendant ce temps, le modèle se dresse lentement. L'accélération centripète le plaque quasiment contre la paroi. Suivent alors les simulations de séismes pour lesquelles une table vibrante unique en son genre a été construite et sur laquelle repose le modèle. Elle permet de produire des tremblements de terre à une vitesse 100 fois supérieure, avec une réduction 100 fois plus importante. «L'équipement a été fabriqué spécialement pour nous, car les oscillations nécessaires doivent être très rapides et très petites», explique le professeur Anastasopoulos. «Un tremblement de terre qui dure trente secondes dans la réalité dure 0,3 seconde dans notre simulateur.» Les appareils de mesure, telles les caméras qui documentent ce qui se passe dans la centrifugeuse, doivent eux aussi

être très sensibles. «Une caméra à haute vitesse normale prend peut-être 10 000 images par seconde, note Ralf Herzog. La capacité des nôtres est de 10 millions d'images par seconde.»

Au Japon, fréquemment victime de séismes, il existe d'immenses plateaux vibrants permettant de tester la stabilité statique de hauts bâtiments. Et de grandes centrifugeuses se trouvent ailleurs. Toutefois, les deux sont rarement combinés comme à Zurich. C'est justement ce qui crée toute la magie. «Grâce à la centrifugeuse, nous pouvons simuler des épaisseurs de sol de 40 mètres, ce qui est impossible ou coûte trop cher avec les plateaux vibrants normaux», dit Ioannis Anastasopoulos.

Moins de ciment et plus de sécurité

Par la recherche sur les centrifugeuses, le professeur Anastasopoulos veut aussi contribuer à la lutte contre le réchauffement climatique, bien qu'il tende à éviter d'utiliser ce genre d'appellation à la mode en politique scientifique. «Nos recherches nous permettent d'optimiser la résistance des bâtiments aux tremblements de terre, dit-il. Il en découle une réduction de la consommation de ciment et d'acier, nocifs pour le climat, lors de la restauration de ponts ou de la construction de digues.» Les coûts mais aussi l'empreinte écologique sont ainsi moindres.

En parallèle, le réchauffement climatique rend les événements extrêmes tels que les inondations de plus en plus fréquents. «Les fondations de ponts ou de digues sont exposées à des processus d'érosion bien plus puissants. Nous pouvons les simuler dans notre centrifugeuse et optimiser ainsi les mesures d'adaptation», note le professeur. Et l'installation permet d'imiter des charges cycliques de longue durée, tel le va-et-vient des vagues qui sollicite une éolienne offshore. «Nos recherches nous permettent d'agir concrètement contre le réchauffement climatique.»

Ce sont ces aspects pratiques qui ont éveillé la fascination de Ioannis Anastasopoulos pour la géotechnique il y a près de trente ans. La ville de Kobe, au Japon, venait d'être secouée par un séisme de magnitude 7,3 sur l'échelle de Richter. De nombreux ponts s'étaient effondrés, plus de 60 000 bâtiments avaient été détruits et 6500 personnes avaient perdu la vie. «J'étais alors étudiant en Grèce et captivé par les effets et les dommages résultant de l'interaction entre le sol et les bâtiments.» Aujourd'hui encore, il va presque chaque année au Japon avec ses étudiantes pour échanger

avec les scientifiques sur place. «En Suisse, la sécurité sismique est une question d'optimisation. Pour des pays tels le Japon et la Turquie, c'est une question de survie», conclut-il.

Florian Wüstholtz est journaliste indépendant à Berne.

6



11

«Grâce à la centrifugeuse, nous pouvons simuler des épaisseurs de sol de 40 mètres, ce qui est impossible ou coûte trop cher avec les plateaux vibrants ordinaires»

Ioannis Anastasopoulos

7



8



- 6 Grâce à d'ingénieux systèmes, les interfaces pour les données et l'électricité tournent avec le fonctionnement de la centrifugeuse.
- 7 Dans la centrale de commande, Ralf Herzog surveille le déroulement des expériences.
- 8 Clés à molette, fils de fer, serre-câbles: monter une expérience prend plusieurs semaines.
- 9 Des interfaces modernes permettent de ne pas perdre les données de millions d'images par seconde.
- 10 Cette table vibrante peut simuler un tremblement de terre en 0,3 seconde.
- 11 Les modèles utilisés sont stockés devant la centrifugeuse à tambour, plus petite.



10

9



Les filaments blancs des champignons du sol poussent autour des racines. Il en résulte une symbiose appelée mycorhize. Un échange de substances nutritives a lieu aux points de contact. Photo: Shutterstock

Sous terre, les champignons sauvent les forêts

Lorsqu'ils collaborent bien, les mycorhizes et les arbres se portent au mieux. Comment cette symbiose peut servir dans la lutte contre les conséquences du réchauffement climatique.

Texte Lia Rosso

L'union fait la force, surtout entre les plantes et certains champignons qui vivent en symbiose avec leurs racines. Et ce d'autant plus lorsqu'il s'agit de la lutte contre le changement climatique. Une réponse prometteuse en la matière nous vient de la nature elle-même et réside dans la collaboration étroite entre certains champignons et les racines des plantes. Cette association a été décrite pour la première fois il y a environ 140 ans par le biologiste allemand Albert Bernhard Frank.

Lors d'une exploration visant à évaluer la possibilité de cultiver les truffes en Prusse, ce biologiste s'est rendu compte que la partie souterraine de ces champignons est tellement unie aux racines des arbres qu'elle forme une

sorte d'organe à part qu'il a baptisé mycorhize, du grec *myco* signifiant champignon et «rhize» qui désigne la racine. Depuis, des milliers de publications scientifiques ont confirmé l'importance de cette relation apparue avec les premières plantes il y a quelques millions d'années. Il s'agit d'ailleurs probablement de la forme de symbiose la plus répandue et la plus importante dans les écosystèmes terrestres. La variété des mycorhizes est surprenante et les espèces se sont diversifiées au cours des étapes de l'évolution des plantes.

Comme l'explique Martina Peter, cheffe de groupe à l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, il existe deux grands types de mycorhizes:

Les sols sont inoculés par un semoir

Les champignons mycorhiziens arbusculaires peuvent être inoculés dans le sol sous forme de substrat de sol ou de granulés. Des essais sont aussi en cours pour comprendre si on peut les ajouter aux cultures en tant qu'engrais. **Les inoculations sont réalisées à l'aide de machines** ou à la main – dans ce dernier cas, en général uniquement dans le cas de travaux scientifiques, en raison de la charge de travail élevée.

Selon Marcel van der Heijden d'Agroscope et de l'Université de Zurich, l'inoculation de cultures entières avec des semoirs ou en plaçant les inoculats sous les graines en germination peut être réalisée à un coût modéré. Le chercheur vient de lancer un nouveau projet sur le potentiel de l'inoculation du sol pour la production agricole, dans lequel il souhaite tester et **développer des outils pour la pratique**.

l'endomycorhize ou mycorhize arbusculaire, qui pénètre à l'intérieur des racines, particulièrement importante pour l'agriculture et les arbres à fruit, et l'ectomycorhize, qui concerne essentiellement des arbres résineux et les fagales (hêtre, chêne, bouleau, etc.) de nos forêts ainsi que des forêts boréales. Plus de 2000 espèces et près d'un tiers des fructifications de champignons visibles à l'œil nu sont des champignons mycorhiziens. Les truffes, le bolet bai, la russule charbonnière, le lactaire délicieux, la chanterelle ainsi que des champignons vénéneux comme l'amanite tue-mouches et l'amanite phalloïde en sont quelques exemples.

«Parmi les plantes terrestres, 80% vivent en symbiose avec des champignons du sol qui exercent une influence positive sur leur croissance et aussi sur le rendement des cultures», explique Marcel van der Heijden, chef du groupe de recherche sur les interactions plantes-sol à Agroscope et professeur d'agroécologie à l'Université de Zurich. Les champignons reçoivent du sucre et des acides aminés produits par la photosynthèse des plantes. En échange, ils fournissent aux plantes de l'eau et des éléments nutritifs, comme l'azote et le phosphore. «Les champignons offrent ainsi un véritable soutien nourricier, d'autant plus important dans les conditions de stress causées par les agressions dues aux pathogènes, à la chaleur et à la sécheresse ainsi qu'aux produits polluants», précise le scientifique.

Et un rôle de tampon

Martina Peter compare la mycorhize à une sorte de tampon vivant: «Lors d'expériences menées dans des parcelles de forêts très sèches en Valais, nous avons observé des changements marqués dans les communautés de champignons pendant les périodes de sécheresse et de chaleur. Certaines espèces meurent, d'autres résistent et se propagent.» Les effets de la chaleur et de la sécheresse sur les arbres seraient atténués. Les changements se produisent rapidement et sont probablement réversibles. Selon Mar-

cel van der Heijden, ces réactions des mycorhizes ne pourront toutefois pas sauver tous les écosystèmes des conditions de plus en plus extrêmes, loin de là. Néanmoins, elles renforcent la résilience des communautés végétales, réduisent le stress des plantes et stabilisent les écosystèmes.

L'idée d'utiliser cet atout naturel apparaît comme une évidence. Il s'agit de soutenir la résistance à la sécheresse et à la chaleur en inoculant certains champignons dans le sol. Plus de 100 espèces de champignons mycorhiziens de ce type ont déjà été isolées en Suisse et divers essais ont été lancés sur le terrain. L'inoculation de ces champignons à la communauté microbienne du sol constitue «un outil précieux pour l'agriculture», estime Marcel van der Heijden. Non seulement il enrichit le sol et le rend plus résistant au stress, mais il contribue également à la séquestration du carbone, se prête en outre à la culture biologique et favorise ainsi la biodiversité des écosystèmes, ce qui est à son tour inestimable pour des plantes et des sols résistants. «C'est un type de fertilisation naturel qui ne nécessite pas d'avoir recours à des substances chimiques qui, par ailleurs, fragilisent les réseaux fongiques», indique-t-il.

Les limites de la symbiose

Les résidus azotés de la fertilisation agricole et les émissions d'oxyde d'azote du trafic automobile sont de dangereux ennemis des champignons symbiotiques. «Dans les forêts et sur les sols naturels, les plantes et les champignons se sont adaptés à de faibles concentrations d'azote, note Martina Peter. Lorsque les sols sont trop riches en azote, les arbres ont tendance à investir dans les parties supérieures et produisent moins de sucre pour les racines et les champignons. Cela peut priver les champignons de leur base vitale. La diversité des communautés de champignons diminue, donc certaines espèces meurent et ne sont plus remplacées par d'autres. Leur rôle tampon contre le stress s'en trouve amoindri.»

Mais la vaccination par les champignons a aussi ses inconvénients. «N'est-il pas dangereux d'intervenir dans la richesse du sol?» s'interroge Martina Peter. La question se pose surtout en forêt. «L'idéal serait de faire confiance à la résistance de la nature, car en voulant résoudre un problème, on en provoque éventuellement un autre.» Mais elle note que «les changements dus au réchauffement climatique sont rapides et nous voyons déjà que certains arbres tels les hêtres n'arriveront probablement pas à s'adapter à temps.»

Les deux scientifiques ont donc à cœur de poursuivre l'analyse des champignons mycorhiziens et de leurs propriétés. L'objectif est de les préserver au mieux afin qu'ils puissent à leur tour contribuer à sauver des plantes utiles et des arbres. «Tant qu'ils survivent, des espèces mieux adaptées peuvent se développer et être en mesure de soutenir la vie des plantes», conclut Martina Peter.

Lia Rosso est biologiste et journaliste scientifique à Fribourg.

Là où on ne veut pas aller voir

Tout un continent de questions non posées s'ouvre à la science lorsqu'on les cherche. Voyage découverte à travers les processus de refoulement.

Texte Judith Hochstrasser Illustrations Joël Roth

«Entre-temps, dire que les femmes universitaires n'ont pas toutes des vellétés de carrière est devenu tabou», constate l'économiste Margit Osterloh dans la Weltwoche au début de cet été. L'article portait sur les vives réactions suscitées par une étude qu'elle a menée avec la sociologue Katja Rost. Elles y révélaient entre autres que les étudiantes n'aspiraient de loin pas toutes à une carrière académique, mais préféreraient le travail à temps partiel.

Cette levée de boucliers semble confirmer l'accusation de cancel culture qui, depuis plusieurs années, occupe une place de choix dans les médias. L'agacement émane en premier lieu des groupements de gauche. Le psycholinguiste fribourgeois Pascal Gygax montre la puissance de l'effet du masculin générique sur notre pensée, thème de son livre paru il y a deux ans. Il racontait alors dans Horizons: «Depuis dix-sept ans que je travaille sur cette thématique, je n'ai jamais reçu autant d'insultes.» Là, c'étaient des voix de droite qui s'indignaient.

Ces deux exemples montrent que la conviction politique et l'attention médiatique peuvent développer une dynamique néfaste. Au point de dissuader en particulier de jeunes scientifiques de travailler dans ces domaines.

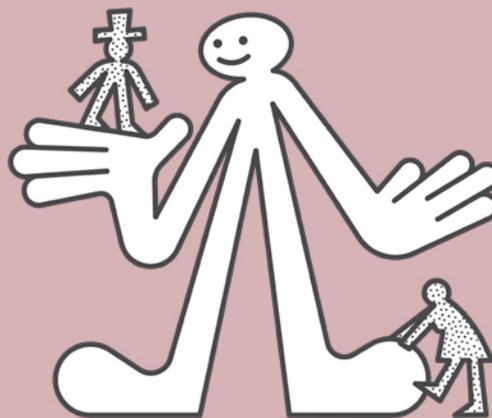
Pas vu, pas dit

Quant à savoir s'il faut parler de tabous, à l'instar de Margit Osterloh, c'est une autre histoire. Aidons-nous de la définition donnée par l'historienne des sciences autrichienne Ulrike Felt lors d'une émission de l'ORF: «Les tabous sont le non-dit et l'indicible, ce sont des instructions implicites pour agir.» Tant le fait que les femmes aiment travailler à temps partiel que les conséquences du masculin générique ne relèvent pas du non-dit ou de l'indicible, mais font l'objet de controverses sociales depuis des années. Dans ces deux cas, il ne s'agit donc pas de sujets tabous.

Mais ces thèmes touchent à des convictions bien précises et ils se heurtent donc à des résistances. La peur d'une réaction négative peut mener à la création de points aveugles dans la recherche. Le sociologue allemand Jan Philipp Reemtsma les définit ainsi: «Le point aveugle n'est pas ce qu'on ne voit pas, mais un endroit dans l'œil qui empêche de voir quelque chose là où on regarde pourtant – un endroit parfois

Voyage temporel vers l'indicible et l'invisible

Le peintre, sculpteur et savant universel Léonard de Vinci a disséqué des corps humains pour réaliser ses chefs-d'œuvre anatomiques. Ouvrir des cadavres n'était pas interdit au XVI^e siècle, mais sujet à la réprobation et il a dû se confronter à des tabous. Petit voyage dans le temps parmi des thèmes que la science a refoulés.



Du 11^e au 20^e siècle:

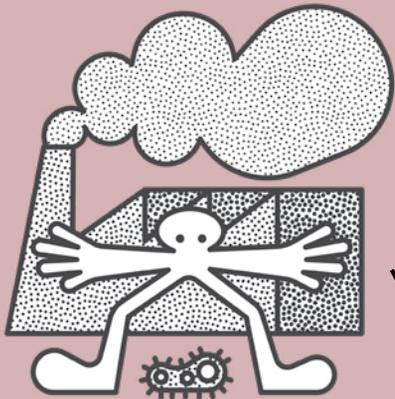
Le corps des femmes ne compte pas

Endométriose, syndrome prémenstruel, ménopause – tout cela n'affecte que le corps féminin qui, par le passé, intéressait peu la médecine. «Le prototype était par tradition l'homme, en tant que patient, mais aussi en tant que médecin et chercheur», comme l'explique aussi Cathérine Gebhard, spécialiste en médecine du genre, dans une interview sur le site de l'hôpital universitaire de Zurich.



Années 1960: souffrance d'enfants ignorée

Les mouvements de libération sexuelle légitimaient en partie les rapports sexuels avec des enfants. Peu de voix critiques ont été entendues dans les milieux pédagogiques. Que les adultes aient le pouvoir et que les enfants souffrent n'a pas retenu l'attention. Les oppositions sont venues plus tard par le biais des mouvements féministes.



Fin du XIXe siècle:

Le grand paradigme des petites bêtes

La découverte au XIXe siècle du rôle des bactéries dans les maladies infectieuses fut une révolution. Mais à partir de là, des domaines plus anciens de la médecine ont été occultés, en particulier la recherche sur l'hygiène, qui s'intéressait par exemple aux conditions de logement ou aux habitudes alimentaires.



Années 1930:

Les nazis interdisent la théorie d'Einstein

La théorie de la relativité d'Einstein était mal vue sous le IIIe Reich. Depuis 1919, elle était souvent associée aux idées voulant bouleverser le monde comme la révolution communiste. Les nazis lui attribuaient une responsabilité dans «l'effondrement des valeurs de la société». De plus, Albert Einstein était juif.



Années 1970:

La bombe atomique ne sera pas construite!

Dans l'histoire des techniques, la thèse d'un arrière-plan militaire au réacteur expérimental de Lucens (VD) a d'abord été bannie. Et la thèse voulant qu'un réacteur nucléaire soit une bombe civile était aussi taboue. C'est pourquoi on ne pouvait même pas dire que le réacteur de Lucens avait explosé lors de l'accident de 1969.

petit, mais tout de même présent.» Certaines choses restent donc cachées dans la zone que l'on observe.

Bien sûr, les frontières entre tabous et points aveugles s'estompent. Ces désignations ne sont pas précises, mais peuvent servir de garde-fous pour trouver notre chemin à travers les thèmes que la recherche refoule, réprouve ou oublie. Il en existait et il en existe toujours bien plus que ceux qui sont actuellement défendus par le marteau de la cancel culture.

Actes sexuels avec des enfants

L'exemple de la violence pédophile met en évidence les dynamiques entrant en jeu lorsqu'un sujet est longtemps occulté par la recherche. Meike Sophia Baader, spécialiste allemande en sciences de l'éducation de l'Université d'Hildesheim, a participé au travail d'étude et de mémoire sur la violence sexualisée dans les mouvements dits de réforme, à savoir la pédagogie réformée, la réforme de l'éducation et les mouvements de libération sexuelle de l'Allemagne. Elle raconte comment le tabou social du sexe a été brisé dans certains milieux à partir de la fin des années 1960 avec cette libération sexuelle. «Dès lors, toute forme d'activité sexuelle y était considérée comme bonne», explique-t-elle. Même les actes sexuels avec des enfants.

Maïke Sophia Baader le met en évidence sur la base de la revue pédagogique *Betrifft: Erziehung* qui publia en 1973 un cahier thématique intitulé «La pédophilie – crime sans victimes». Dans la République fédérale d'Allemagne du début des années 1970, cette publication était le magazine pédagogique au plus fort tirage. «Elle était un forum pour une jeune génération de chercheurs en pédagogie critiques et de réformateurs et réformatrices de la formation.»

Selon Maïke Sophia Baader, cette attention positive portée à la sexualité et la lutte contre le tabou social du sexe ont eu pour conséquence que l'on était pour ainsi dire aveugle à d'autres aspects: «La rhétorique de la sexualité consensuelle entre enfant et adulte ignore le rapport de pouvoir entre les générations.» Lors de toute cette discussion, aucune prise de position visible n'avait reconnu aux enfants le droit de dire non à la sexualité.

Le déni de la situation des enfants est allé si loin que, encore en 1989, le pédagogue et sexologue réputé Helmut Kentler pouvait décrire dans son livre «Plädoyer für Leihväter» comment il avait placé des jeunes des rues chez des hommes pédophiles, dans le cadre d'une prétendue expérience pédagogique. Pour lui, il était évident que cela impliquait des actes sexuels. «Il était convaincu que ces actes ne nuisaient pas aux jeunes, car leurs pères de substitution les traitaient avec amour et les préparaient à la société», explique Maïke Sophia Baader.

Là où le bât blesse

Jusque-là, la souffrance des victimes était un point aveugle dans les sciences de l'éducation progressistes. Une certaine perspective prétendument libératrice sur la sexualité a débouché sur une véritable vision en tunnel. Les expériences de Kentler et la violence sexualisée généralisée sur les enfants et les jeunes dans l'internat pédagogique réformé allemand *Odenwaldschule* ont perduré jusqu'au milieu des années 2010. «Il a fallu longtemps pour que l'attention médiatique, politique et scientifique se porte sur les personnes touchées, déplore la chercheuse. D'abord, il y a quelque chose de relevant d'un savoir caché. C'est là le problème essentiel. Ensuite, on le verbalise, mais personne n'écoute.»

En 2020, il arrivait encore que, à la Société allemande des sciences de l'éducation (DGfE), la violence sexuelle envers les enfants soit qua-

lifiée de thème sordide. «Les processus sont longs avant qu'une discipline soit prête à se regarder en face, relève la chercheuse. D'abord, le thème est complètement tabou, puis ce tabou est brisé et ne peut plus être complètement ignoré. Ensuite, un jour ou l'autre, le sujet n'est certes plus tabou, mais on veut toujours le mettre de côté.» La nébuleuse parfois diffuse de réflexes de défense irrationnels qui entourent souvent les sujets indicibles de cette nature devient presque palpable dans les descriptions de Maïke Sophia Baader.

La chercheuse continue à regarder là où le bât blesse. Car, aujourd'hui encore, il est des thèmes tellement inimaginables qu'ils ne sont guère étudiés. Elle cite pour exemples la violence sexualisée à l'encontre de nourrissons ou d'enfants en bas âge, ou la violence sexuelle dans les soins, par exemple à l'encontre des personnes en situation de handicap. «La société, la discipline scientifique concernée et souvent même les scientifiques se refusent tout simplement à aborder de tels sujets, certes difficiles à supporter.» Ainsi décrit-elle de manière saisissante le mécanisme autour d'un tel tabou.

Tout simplement trop dangereux

En plus des sujets indicibles, voire impensables, certains domaines de recherche effrayent tant la société et la science qu'elles préfèrent ne pas les aborder. La réduction artificielle du rayonnement solaire sur la Terre, par exemple, fait l'objet de controverses depuis une quinzaine d'années. Des scientifiques exigent que soit interdite non seulement la technique, car ses effets sont trop imprévisibles, mais aussi la recherche. D'une part, parce que celle-ci préparerait déjà le terrain pour une utilisation ultérieure de la technologie. De l'autre, parce que le simple fait de l'étudier pourrait «susciter un comportement moralement irresponsable, car la solution potentiellement simple au problème climatique qui s'ouvrirait mènerait à moins de restrictions d'émissions», résume un groupe de recherche réuni autour de Wilfried Rickels de l'Université de Kiel.

Ici, le danger pour l'avenir conduit ainsi à bloquer la recherche sur une technique. Il en va de même pour le clonage ou l'obtention de cellules souches à partir d'embryons, interdits dans certains pays. Comme le commente l'historienne des sciences autrichienne Ulrike Felt dans une interview au quotidien Der Standard: «La plupart du temps, nous parlons de tabous, mais nous voulons dire interdictions. Les tabous sont des choses non exprimées qui portent surtout sur ce qui ne doit pas être dit, pensé, ressenti ou touché.»

Cependant, les interdits vacillent aussi quand la technologie permet d'aller plus loin. En juin, des scientifiques de Cambridge ont produit des embryons synthétiques à partir de cellules souches. Dans un entretien avec la SRF, l'éthicienne suisse Ruth Baumann-Hölzle a répondu ainsi à la question de savoir jusqu'où la recherche pouvait aller: «En définitive, ce qu'on appelle l'impératif technique – la réalisation de ce qui est possible – finit toujours par s'imposer. Ainsi, l'Agence internationale de la biomédecine a immédiatement assoupli certaines directives après la création réussie d'embryons synthétiques de souris.»

Mais un thème peut encore être maintenu à l'écart lorsque la recherche a permis de réfuter les craintes y relatives. Cela, pour une raison inverse. Historien des techniques à l'ETH Zurich, David Gugerli se souvient ainsi d'une requête qu'avait dû examiner la commission de la recherche de l'école. Les requérants voulaient étudier si la construction d'antennes de téléphonie mobile avait un impact négatif sur les prix des biens immobiliers sis à proximité. La commission a



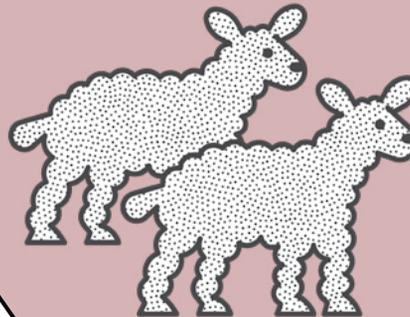
Années 1970/1980: Pourquoi ce mal-être?

Des études sociologiques montraient que les personnes sans enfants sont plus heureuses, confirmant la thèse que le bonheur dépend de décisions individuelles. Les conditions sociales dans lesquelles les parents sont moins heureux ont ensuite longtemps été occultées. Or, la recherche récente montre que les mesures de protection sociale sont décisives.

Années 1990:

Ne pas créer de nouveaux êtres vivants

De la brebis Dolly – premier mammifère cloné en 1996 – aux jumeaux génétiquement modifiés avec le ciseau Crispr en Chine, les expériences sur la ligne germinale des êtres vivants sont très mal acceptées. Le chercheur chinois He Jiankui a même fait trois ans de prison pour cela.

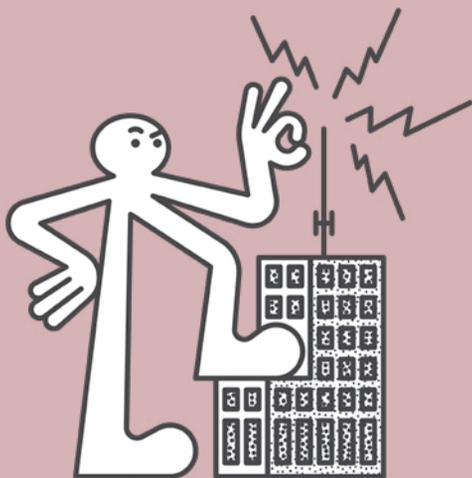
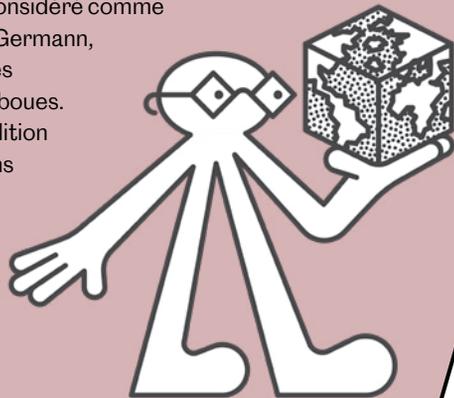


Actuel: Se remettre en question soi-même

La science s'interroge trop peu sur sa propre culture. Elle aurait pourtant assez de sujets à étudier, du déluge des recherches à leur utilité, en passant par le corps professoral quasi intouchable ou la pression permanente d'étudier les dernières nouveautés.

Année 1994: QI et ethnie

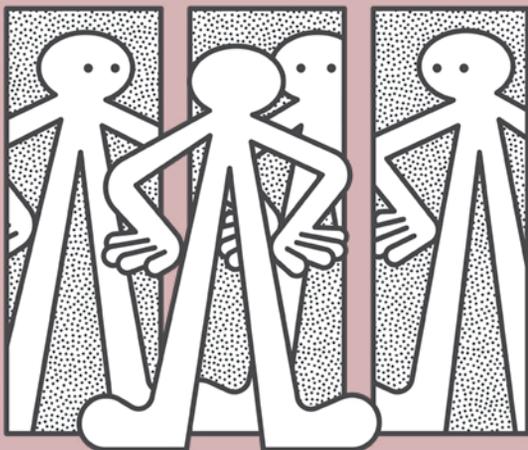
Le livre «The Bell Curve» établit un lien entre QI et ethnie, un sujet encore considéré comme tabou. Pourtant, selon Pascal Germann, historien des sciences, de telles recherches n'ont jamais été taboues. Elles s'inscrivent dans une tradition de recherches sur les questions raciales et perpétuent des catégories de pensée.



Années 2000:

La technologie de la téléphonie mobile

Des économistes se demandaient si les antennes de téléphonie mobile influençaient les prix de l'immobilier à proximité, sans aborder la question de leur possible nocivité. La commission de l'ETH Zurich a d'abord rejeté le projet pour manque de sérieux scientifique.



d'abord voulu rejeter la demande, les effets nocifs de ces antennes sur la santé n'ayant pu être prouvés. Il ne fallait donc pas attendre une influence sur les prix. Mais David Gugerli avait fait opposition: «Ici, la recherche devenait taboue, car elle était liée à une thèse considérée comme non scientifique.» La crainte d'un préjudice de réputation en raison d'un sujet en apparence peu sérieux a probablement joué un rôle important. L'historien cite encore d'autres domaines très rarement abordés en histoire des techniques. Il est ainsi mal vu de mener des recherches sur d'anciennes techniques telles que le vélo ou la tôle ondulée: «Ce n'est pas sexy», note-t-il. Ici, un point aveugle résulte donc du verdict «inintéressant» ou du moins «pas nouveau».

Vision en tunnel maximale

L'historien des sciences Pascal Germann de l'Université de Berne voit une autre dynamique importante à l'œuvre lorsque des domaines thématiques sont à peine éclairés: «Il y a constamment de nouveaux paradigmes de recherche qui produisent de nouvelles connaissances et changent le regard sur la réalité, mais génèrent aussi des zones de non-savoir.» Il cite l'exemple de la bactériologie, «une des avancées majeures de l'histoire de la médecine». Dès la fin du XIXe siècle, on a su que les maladies infectieuses étaient dues à des microbes. «A partir de là, on s'est fixé sur cette cause et d'autres corrélations ont été reléguées à l'arrière-plan. Dès lors, les recherches sur les conditions sociales de ces maladies étaient considérées comme dépassées.»

Dans le cas de la «tueuse du XIXe siècle», la tuberculose, c'est en particulier «le mouvement ouvrier qui a parlé de maladie sociale», note Pascal Germann. Comme on le sait aujourd'hui, la tuberculose était bien plus répandue dans les couches sociales inférieures et la baisse de la mortalité a surtout résulté d'une amélioration des conditions sociales. Selon le chercheur, les discussions sur le Covid-19 ont été marquées par des «points de vue réductionnistes similaires». On avait pourtant très tôt constaté dans les hôpitaux que les personnes aux professions précaires étaient davantage touchées. «Mais cette dimension sociale n'a été prise en compte qu'avec le temps.» C'est pourquoi il souligne que les tabous proprement dits sont rarement responsables du fait que des thèmes ne sont pas étudiés, mais plutôt certains paradigmes et contextes politiques.

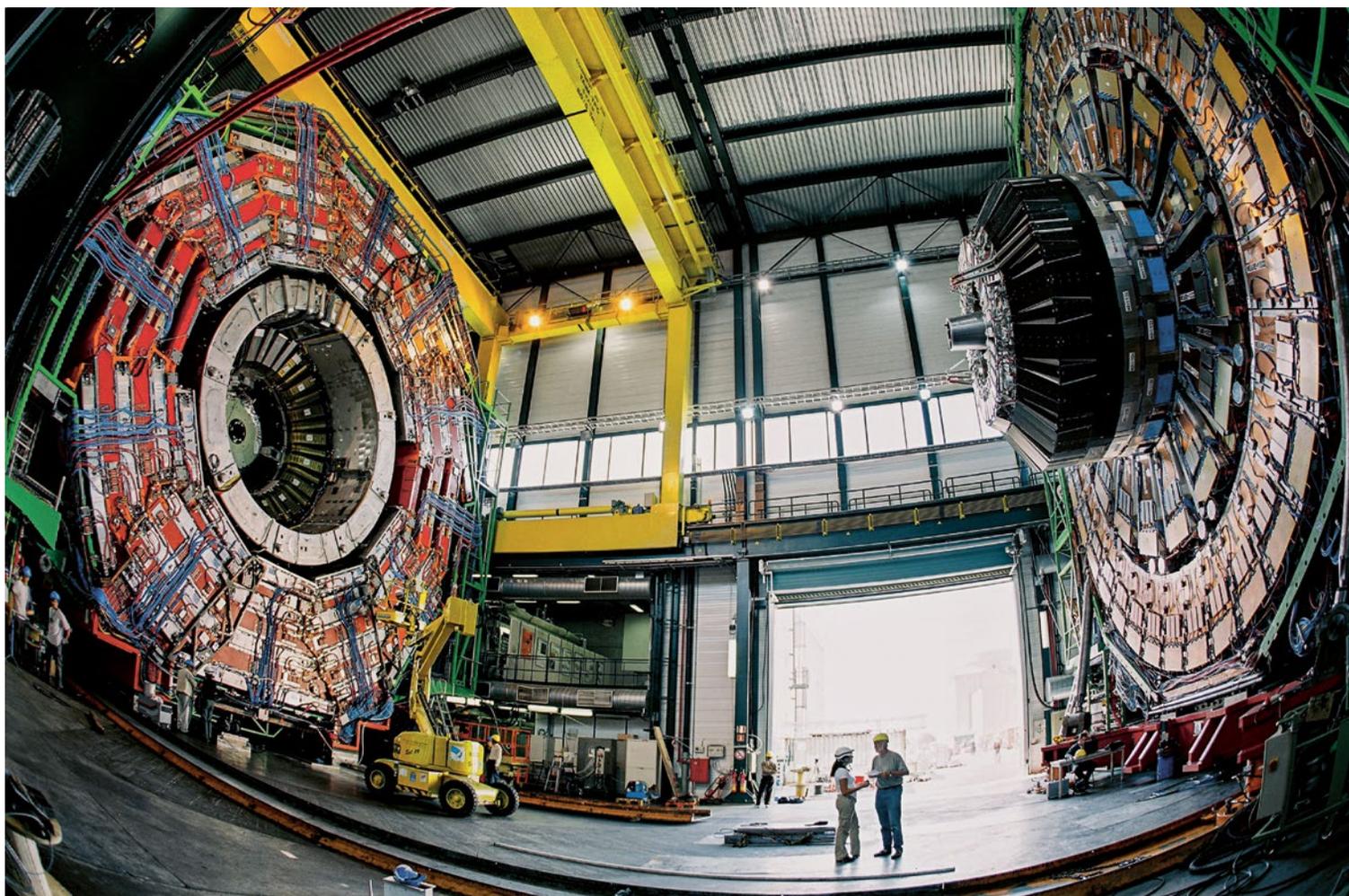
En cas de désintérêt ou de paradigmes dominants, les points aveugles de la recherche sont plutôt des dommages collatéraux, sans volonté d'étouffer un thème. Il n'est pas non plus désagréable pour la science que quelqu'un mette en lumière ces domaines occultés. Il y a cependant quelque chose d'intentionnel lorsque le regard se détourne de sujets trop douloureux ou qui remettent en question sa propre discipline. Cela vaut aussi quand des contenus sont ignorés pour des motifs politiques. Les scientifiques des domaines concernés, trouvent dès lors très désagréable que quelqu'un veuille les forcer à tourner la tête vers ce qu'il y a à voir. L'idéal scientifique est toutefois de poser aussi les questions dérangement. Pour y répondre, la science doit observer très précisément même ce qui la dérange et effectuer son travail avec minutie.

Judith Hochstrasser est codirectrice de la rédaction d'Horizons.

A propos du vide après Higgs

Si les expériences les plus récentes du CERN ne réservent pas de surprise, la physique des particules risque l'arrêt. Une prise de température d'une discipline sous pression.

Texte Hubert Filser



En 2006, le détecteur CMS est encore assemblé en surface. Plus tard, dans le tunnel, il aidera à prouver la présence du boson de Higgs. Photo: CERN

Le 4 juillet 2012, l'euphorie était certes à son comble parmi les 6000 chercheuses et chercheurs du Large Hadron Collider (LHC) du CERN, le laboratoire européen pour la physique des particules. L'existence du boson de Higgs était prouvée. C'était la confirmation d'une prédiction vieille de 45 ans, la dernière pièce du puzzle d'une théorie désignée de modèle standard (voir encadré: «Le modèle standard: beau, mais incomplet»). Or, depuis, il ne s'est plus passé grand-chose. Certes, au cours des dernières années, une armée de physiciens théoriciens ont prédit une multitude de parti-

cules exotiques. Or, les espoirs sont restés vains. «Rien de cela ne s'est produit», résume Sabine Hossenfelder, physicienne au Centre de philosophie mathématique de l'Université Louis-et-Maximilien de Munich. «Il semble que quelque chose ait mal tourné à un niveau fondamental. Nous perdons ainsi des générations entières de physiciennes.»

Les scientifiques du LHC sont sous pression pour trouver enfin des indices d'une nouvelle physique dans l'actuel cycle de mesures. Après trois ans de pause, les protons s'entrechoquent à nouveau dans le tube long de 27 kilomètres,

afin de produire d'autres particules et d'observer leur désintégration. Et de préférence des particules encore inconnues. Une meilleure focalisation des faisceaux et une énergie de collision record de 13,6 téraélectronvolts (TeV) doivent enfin mettre un terme aux déceptions. «S'ils ne trouvent rien, ce champ de recherche est mort», déclarait en juin 2022 le physicien des particules Juan Collar de l'Université de Chicago dans la revue Science.

La crise est aussi liée à l'étonnant succès du modèle standard de la physique des particules. Mais les chercheurs savent depuis longtemps

qu'il ne peut s'agir de la théorie complète de la nature. Car ce modèle ne décrit ni la gravité, ni la mystérieuse matière noire qui devrait constituer 80% de la matière de l'Univers et dont la composition reste à ce jour une énigme.

«Le problème de l'incompatibilité des théories fondamentales de la physique préoccupait déjà Einstein et le physicien suisse Fritz Zwicky il y a cent ans», dit Sabine Hossenfelder, autrice du livre «Lost in maths. Comment la beauté égare la physique». Elle se montre critique à l'égard du LHC, déplorant l'absence d'idées fondamentalement nouvelles. «Les bonnes théories reposent sur la résolution d'une contradiction dans les théories existantes», dit-elle. Des approches telles que la théorie des cordes, qui faisait partie des candidates pour une théorie unifiée, sont certes intéressantes sur le principe. «Mais elles n'ont toujours pas été testées expérimentalement et les accélérateurs de particules ne sont pas adaptés pour cela.» La chercheuse table plutôt sur la mise à l'épreuve des théories dans de petits laboratoires.

Stagnation dramatique ou ordinaire?

De nombreux physiciens théoriques voient cette prétendue stagnation de la physique des particules de manière moins dramatique. Nicola Serra, professeur à l'Université de Zurich, précise: «Nous avons atteint un niveau élevé de compréhension. Chaque nouveau progrès est donc difficile. Dans des champs de recherches si complexes, il est normal que la progression fluctue. Nous sommes arrivés à des questions très profondes à résoudre.»

Ainsi, par exemple, les neutrinos ont une masse, mais le modèle standard les traite comme s'ils n'en avaient pas. Cette contradiction pourrait être résolue si l'on parvenait à trouver des neutrinos dits droitiers. Ils permettraient d'expliquer pourquoi il y a dans l'Univers tellement plus de matière que d'antimatière et ils sont aussi considérés comme des candidats pour la matière noire. «Malgré ses succès importants, le modèle standard a au moins besoin d'une extension minimale», dit Nicola Serra, qui mène aussi des recherches au CERN.

Une réponse envisageable aux questions pendantes est ce qu'on appelle la supersymétrie – un prolongement mathématique qui attribue à chaque particule connue du modèle élémentaire une particule partenaire plus lourde. Jusqu'ici, aucune de ces particules n'a été trouvée. «Au lieu de cela, les théories sont devenues toujours plus compliquées», dit Sabine Hossenfelder. «Et ce n'est pas parce que

ces prolongements mathématiques prévoient de nouvelles particules que c'est scientifique. On ne produit là qu'une infinité d'articles sans valeur.»

Même sans nouvelles particules, de petites divergences apparaissent toujours entre les mesures et les prédictions du modèle standard. C'est précisément ce genre d'anomalies que traque Nicola Serra. Avec ses collègues du CERN il travaille sur le phénomène du Flavour Puzzle. Il s'agit de savoir pourquoi les membres des familles de particules de matière ont un modèle si particulier dans leurs masses, pour quoi par exemple l'électron léger a deux partenaires plus lourds, le muon et le tau. «Les anomalies de saveur doivent être confirmées de façon expérimentale et théorique. Elles pourraient alors devenir un élément dans la solution de ce mystère», dit-il. Toutefois, à la suite d'une correction statistique, les anomalies effectivement observées se sont réduites, et avec elles l'euphorie. C'est d'ailleurs récurrent en physique des particules: les annonces sensationnelles sont souvent rétractées après un examen approfondi. Cela est arrivé avec les neutrinos qui, en 2011, se seraient envolés du CERN vers le massif du Gran Sasso à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Il s'est avéré en 2012 qu'il s'agissait d'un câble défectueux et d'une statistique erronée. Il pourrait en être de même pour les bosons W, qui étaient plus lourds que prévu au Fermilab près de Chicago: en 2022, beaucoup parlaient d'une nouvelle physique. Les évaluations sont encore en cours. «Je ne pense pas que quelque chose ait été découvert ici», note Sabine Hossenfelder. Nicola Serra trouve normal ce jeu laborieux entre une possible nouvelle découverte et la correction qui s'ensuit. Il ne veut pas encore abandonner ses recherches sur les anomalies de saveur. «Nous pouvons encore apprendre beaucoup de choses au LHC à l'aide des nouvelles données de mesure», dit-il.

L'IA doit faire le travail ou créer un nouvel Einstein

«Une telle détermination est louable, mais j'estime improbable que cela mène à une nouvelle physique. Et ces recherches nécessitent beaucoup d'argent, ce qu'il faut aussi prendre en compte quand on demande des accélérateurs plus puissants», dit Sabine Hossenfelder qui se réfère ici au projet Future Circular Collider du CERN. Il vise à la construction d'un collisionneur circulaire long de 100 kilomètres et d'un coût de 20 milliards d'euros. La physicienne n'est certainement pas une opposante aux projets de Big Science. Pour elle, le téles-

cope spatial James-Webb est un exemple, «où on en a pour son argent, en particulier grâce à toutes les données sur de jeunes galaxies qui nous aident à mieux comprendre la matière noire.» Mais elle estime qu'il serait aussi possible et moins onéreux de mettre à l'épreuve les fondements de la physique par l'optique ou l'informatique quantiques.

Toujours plus de spécialistes en physique des particules misent sur les possibilités de l'intelligence artificielle pour déceler des motifs atypiques dans les données des collisions. Le physicien Steven Schramm de l'Université de Genève espère ainsi trouver une nouvelle particule cachée dans le bruit de fond des collisions à basse énergie du LHC. Nicola Serra mise aussi sur cette technologie. «L'IA pourrait devenir une sorte de copilote pour les physiciennes des particules et voir des choses que nous, les humains, ne pouvons identifier.» Dans les seize années à venir, le LHC devrait collecter 16 fois plus de données que jusqu'ici. Cela débloquera-t-il la torpeur de la physique des particules? Nicola Serra: «Vaut-il mieux miser sur le potentiel d'un LHC réalisant un éventail complet de mesures pour obtenir un maximum d'informations fiables et simultanément développer de nouvelles théories ou est-il préférable d'attendre l'apparition inopinée d'un nouvel Einstein?»

Hubert Filser est journaliste scientifique à Munich.

Le modèle standard: beau mais incomplet

Formulé il y a une cinquantaine d'années, le modèle standard synthétise avec succès toutes les découvertes essentielles de la physique des particules. Il comprend au total 17 particules élémentaires. **Douze d'entre elles sont des particules de matière** telles que les quarks, qui composent le noyau de l'atome, ou les leptons, dont font partie les électrons et les neutrinos. Quatre des **cinq autres particules sont des vecteurs de forces**: le photon est par exemple le médiateur de l'interaction électromagnétique et le gluon celui de l'interaction forte qui lie les quarks ensemble et leur permet ainsi de donner naissance aux protons et aux neutrons qui constituent le noyau atomique. La détection de la dernière particule élémentaire qui manquait encore, le boson de Higgs, a été annoncée en juillet 2012 par le Large Hadron Collider (LHC) du CERN. Celle-ci confère leur masse aux autres particules. Mais le modèle a aussi une faiblesse: **il n'explique pas la force de gravité.**

L'apprentissage sur le banc d'essai

La majorité des jeunes fait un apprentissage après l'école. Selon des scientifiques, cette formation professionnelle initiale est également un modèle de réussite. Voici pourquoi.

Texte Kalina Anguelova

«La formation professionnelle a conservé sa place de choix en tant que principale formation en Suisse ces vingt dernières années», lance Jürg Schweri, professeur à la Haute école fédérale en formation professionnelle (HEFP), à Zollikofen. Selon le spécialiste, elle continue en effet d'occuper une place centrale dans le paysage des formations du deuxième cycle de l'enseignement secondaire (secondaire II): deux tiers des jeunes entrent dans l'un des plus de 200 programmes de CFC (Certificat fédéral de capacité) ou AFP (Attestation fédérale de formation professionnelle) après avoir terminé l'école obligatoire. Un taux record au niveau européen: la moyenne dans les pays de l'OCDE n'est que de 12%. Qu'est-ce qui a fait et continue de faire le succès de l'apprentissage dual? Tour d'horizon.

Recette patentée contre le chômage

«Le grand avantage de la formation professionnelle initiale pour l'économie et les entreprises, c'est qu'elle permet de former des gens selon les besoins», déclare Jürg Schweri. «L'aspect adéquationniste est la principale force de notre système de formation», complète Rami Mouad, statisticien au Service de la recherche en éducation (SRED) du canton de Genève. «Les entreprises participent à la construction des formations. Les contours du marché de l'apprentissage correspondent finalement assez bien aux contours des besoins des entreprises en termes de qualification professionnelle.» Pour lui, non seulement la formation professionnelle fournit aux jeunes des qualifications, mais elle contribue aussi à leur insertion sur le marché du travail. Cela se reflète dans un taux de chômage beaucoup plus faible qu'ailleurs en Europe: 6,9% chez les 15 à 24 ans contre 13,6% en moyenne. La formation professionnelle apparaît ainsi comme la pa-

nacée de l'intégration professionnelle des jeunes, ce que confirme Jürg Schweri: «Ce taux de chômage faible est un signe de qualité pour le système.» Il continuera à suivre ce paramètre dans sa prochaine étude sur le rôle des entreprises de formation dans la transition des apprentis vers l'enseignement supérieur et le travail. Il se penchera en effet sur le succès des transitions, à savoir si les diplômés de l'apprentissage trouvent rapidement un emploi ou s'ils sont menacés par le chômage.

Le docteur en sciences de l'éducation Jean-Louis Berger, de l'Université de Fribourg, souhaite toutefois dépasser cet argument économique et apporter une nuance psychopédagogique. Pour lui, la performance du système de formation professionnelle initiale suisse ne peut reposer seulement sur des indicateurs économiques tels que le taux de chômage des jeunes. «Afin de développer la qualité de la formation, il est essentiel de s'intéresser aussi à la façon dont les acteurs de la formation, à savoir les apprentis, le corps enseignant en école professionnelle et les formatrices et formateurs en entreprise la défont et la perçoivent.» En 2022, le scientifique a développé un outil qui permet aux apprentis d'exprimer leur ressenti par rapport à la qualité de leur formation. «L'idée était que ces informations puissent ensuite servir aux formatrices et formateurs pour améliorer l'enseignement et les pratiques.»

Encore trop souvent exploités

Dans le cadre de cette étude, Matilde Wenger, doctorante qui travaille aujourd'hui à la HEFP de Lausanne, a effectué sa thèse sur la tension des missions confiées aux jeunes en formation. Elle s'est intéressée aux jeunes de 15 ans qui intègrent le marché du travail après un parcours scolaire «au cadre assez strict, voire in-

fantilisant». Il ressortirait de son travail que les apprentis sont encore trop souvent exploités pour des tâches qui, en réalité, ne nécessitent pas leur recrutement par l'entreprise. Ce qui conduirait à de la frustration et parfois à la résiliation du contrat d'apprentissage. «A l'école, plus ces jeunes se sentent traités comme des enfants, moins ils sont engagés. Sur le lieu de travail, plus ils doivent effectuer des tâches ingrates, moins ils se sentent investis.» Pour la scientifique, la solution serait que les acteurs et actrices impliqués dans les formations reconnaissent l'existence de ce genre de tensions et les verbalisent.

Le système actuel donne donc globalement satisfaction. Mais dans un monde du travail en perpétuelle mutation, la formation professionnelle sait-elle s'adapter? Pour Jürg Schweri, il y a une sorte d'«adaptation continue», la formation professionnelle étant étroitement liée au marché du travail. «Si une grande évolution affecte le marché, la formation est la première à devoir changer.» Lorenzo Bonoli, chercheur à la Haute école fédérale en formation professionnelle HEFP, rappelle que pour faciliter l'ajustement aux changements sociaux, la législation prévoit que, tous les cinq ans, toutes les formations soient contrôlées et éventuellement révisées.

Rami Mouad cite un exemple concret: «Le développement des AFP montre une adaptation de la formation professionnelle au public scolaire en situation de vulnérabilité. Certaines autrices qualifient l'AFP de formation professionnelle inclusive parce qu'elle accueille aussi des élèves qui sont passées auparavant par l'enseignement spécialisé et la pédagogie spécialisée.»

La législation donne aussi la possibilité aux titulaires d'un CFC de poursuivre des études jusqu'aux écoles supérieures avec la maturité



Electronicienne multimédia en formation, Frances Vu-To installe téléviseurs, home cinémas, smartphones et bien plus encore. Photo: Gabi Vogt / 13 Photo

«Le grand avantage de la formation professionnelle initiale pour l'économie et les entreprises, c'est qu'elle permet de former des gens selon les besoins.»

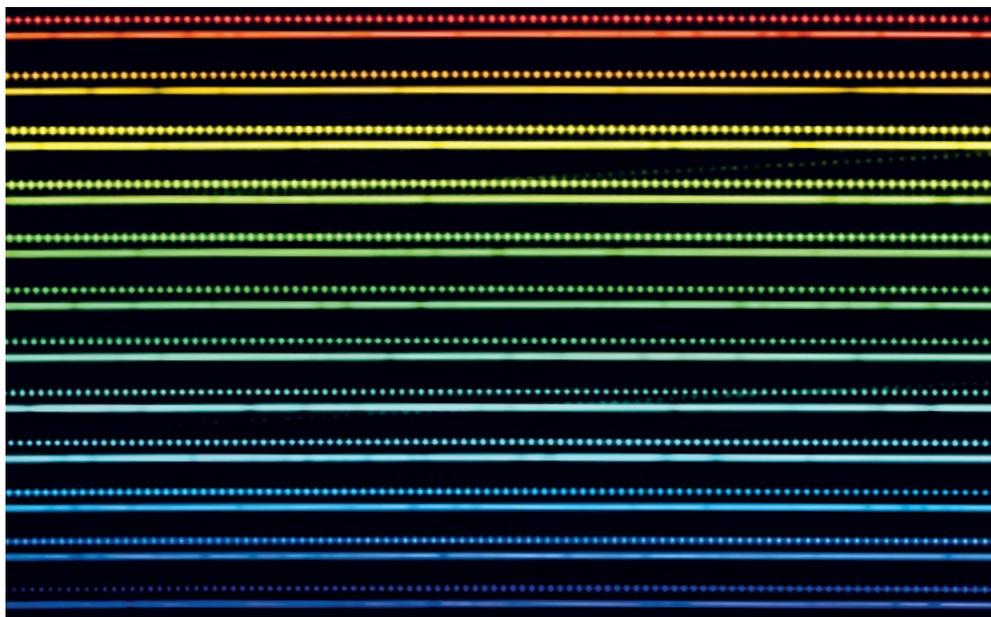
Jürg Schweri

professionnelle jusqu'aux hautes écoles spécialisées. «Ce qui, d'une part, répond au besoin d'améliorer la créativité de la formation professionnelle initiale et, d'autre part, assure un plus grand afflux de jeunes dans des qualifications de niveau tertiaire», souligne Lorenzo Bonoli. La perméabilité entre la formation professionnelle initiale et le niveau tertiaire n'a cessé de s'améliorer depuis les années 1990. Les différentes filières de formation sont particulièrement interconnectées. Une AFP permet le raccordement vers le CFC; la maturité professionnelle, qui peut se préparer en même temps que le CFC ou à sa suite, débouche sur des formations de niveau tertiaire dans le cadre des hautes écoles spécialisées (HES), mais aussi vers les universités via des passerelles. Par ailleurs, «on constate que de 1999 à 2019, la part d'actives ayant une formation professionnelle initiale comme plus haute qualification a reculé de 52% à 36%, ce qui montre que cette formation évolue vers un tremplin plutôt que de constituer un aboutissement», précise Jürg Schweri. Le scientifique souhaite désormais apporter un nouvel éclair-

rage sur les transitions vers la maturité professionnelle, les hautes écoles spécialisées et la formation professionnelle supérieure.

Jürg Schweri de conclure: «On a un très bon système, mais cela ne veut pas dire qu'on ne peut pas mieux faire.» Son constat est clair: la mobilité entre les emplois, les secteurs et les professions et la perméabilité du système éducatif resteront probablement déterminantes à l'avenir pour permettre aux actifs de réagir à des changements comme l'innovation technologique. Il insiste sur le fait qu'il faut poursuivre les efforts pour continuer à garantir le meilleur soutien possible aux jeunes recherchant un apprentissage: «Il faut trouver d'emblée la formation leur correspondant au mieux, car un mauvais choix impacte le marché du travail. De plus, il reste encore à faire du côté de la ségrégation liée au genre, ou encore de l'accès aux formations des personnes avec un passé migratoire.»

Kalina Anguelova est journaliste et vit à Morges.



En astronomie, un peigne de fréquence (points) mesure le spectre (lignes) d'une étoile. Les couleurs représentées, ici seulement à titre d'illustration, sont trop distantes les unes des autres.

Photo: ESO

Le peigne de fréquence dope le réseau de données

Une start-up suisse veut démultiplier le débit de données de la fibre optique et réduire sa consommation électrique. Une technologie adaptée aux data centers.

Texte Lionel Pousaz

La fibre optique joue un rôle incontournable dans les infrastructures de l'Internet. Elle transmet les données plus loin et plus vite que les câbles en cuivre. Sorte de fil de verre ou de plastique, elle conduit un faisceau laser qui – dans les très grandes lignes – communique les informations numériques en pulsant des «0» et des «1». Un peu comme on produit du code Morse avec une lampe torche, mais en binaire et, surtout, en beaucoup plus rapide!

Pour multiplier le débit de données, on tente depuis les années 1990 de diviser le faisceau laser en plusieurs canaux, avec ce qu'on appelle des «peignes de fréquence». Le principe consiste à créer de petites portions du spectre de la lumière, régulièrement étalées des ultraviolets aux infrarouges, en passant par la lumière visible. Plutôt qu'une courbe lisse, le spectre se présente alors comme une rangée de dents régulièrement espacées, tel un peigne. Une fois le faisceau laser converti,

chaque dent du peigne peut transmettre un signal indépendant. En théorie, cela veut dire que l'on peut faire passer plusieurs flux de données – des centaines, même – sur une seule fibre optique. En pratique, le principe a été éprouvé en laboratoire et commence à faire l'objet d'applications commerciales.

Cent fibres optiques en une

C'est également la mission que s'est donnée l'entrepreneur Maxim Karpov, ancien chercheur à l'EPFL et au Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM), qui a fondé la start-up Enlighthra en 2021. Sa technologie exploite les peignes de fréquence pour améliorer le rapport entre débit (bits transmis par unité de temps, ndlr) et énergie des transmissions de données optiques. A peine lancée, l'entreprise entrerait déjà dans le club prestigieux des sociétés soutenues par l'accélérateur californien Y Combinator, où l'ont précédée

Airbnb, Dropbox ou Reddit. Elle compte aujourd'hui 14 employés et a déjà fait parvenir ses premiers produits en Allemagne et aux Etats-Unis.

L'entreprise produit des micropeignes reposant sur des composants compacts intégrés dans une puce. Le laser est injecté dans un circuit en forme de boucle. Ce micro-résonateur convertit le faisceau laser en plusieurs couleurs. «Le point crucial, c'est que contrairement à ce qui arrive avec un prisme, la lumière ne se sépare pas dans toutes les directions, explique Maxim Karpov. Les couleurs sont distinctes, mais restent superposées dans un même faisceau.» En d'autres termes, le signal lumineux continue de se comporter comme un laser, condition sine qua non pour qu'il puisse être conduit par la fibre optique.

Chaque couleur – c'est-à-dire chaque dent du peigne du spectre décomposé – peut être exploitée comme un canal séparé. Les prototypes de Maxim Karpov en comptent une centaine. C'est un peu comme si l'on combinait 100 fibres optiques en une. Comparée aux systèmes optiques traditionnels, la consommation électrique, quant à elle, est divisée par dix à débit équivalent.

Une technologie pour les data centers

La start-up vise avant tout les data centers où elle pourrait permettre d'économiser environ 1% de la consommation électrique. Une baisse loin d'être anecdotique: les data centers représentent aujourd'hui 3% de la facture énergétique globale – un chiffre qui croît d'année en année.

Selon Brendan Heffernan, chercheur dans l'entreprise IMRA America et expert des micropeignes, qui n'a pas participé aux travaux de Maxim Karpov, l'approche est convaincante. «A court terme, je pense que les micropeignes deviendront d'abord une technologie clé dans des domaines de niche de la transmission de données. Comme toute technologie émergente, il reste quelques problèmes d'ingénierie à résoudre, mais il y a de nombreux talents dans le monde qui travaillent dans ce but.»

A plus long terme, les micropeignes pourraient s'imposer jusque dans les foyers connectés à l'Internet via la fibre optique, pense Maxim Karpov. «Mais pour l'instant, ce n'est pas là que se trouve le besoin.»

Lionel Pousaz est journaliste scientifique à Boston.

Retour à la pleine conscience grâce aux lapins

Humains et animaux ont un lien particulier. Celui-ci peut aider à trouver une porte d'entrée vers la conscience de victimes d'un traumatisme cérébral.

Texte Klara Soukup

Dans le hall d'entrée austère de l'hôpital, Nina est assise dans un fauteuil roulant. Ses yeux sont ouverts, mais son regard est vide. Sa mère pose délicatement un lapin sur ses genoux. Une aide-soignante saisit la main de la jeune fille pour lui faire caresser le dos de l'animal. Alors, en une fraction de seconde, ce qui semblait inimaginable depuis des semaines se produit: un minuscule sourire éclaire le visage de Nina.

Nina, qui s'appelle autrement dans la réalité, a subi un traumatisme craniocérébral. Après l'opération qui lui a sauvé la vie, elle est sortie du coma, mais pas de l'état de conscience minimale dans lequel elle se trouve aujourd'hui. Contrairement au coma éveillé ou à l'état végétatif, ces patientes montrent des signes de perception. «Ces signes sont subtils et difficilement mesurables par des méthodes d'imagerie ou de test habituelles. Il peut s'agir de mouvements volontaires minimes, que seuls les soignants expérimentés et les médecins remarquent», explique Karin Diserens, responsable de l'unité de neuro-rééducation aiguë au Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) à Lausanne.

En état de conscience minimale, l'espoir existe de voir les patientes revenir à un état normal. «Nous recherchons un accès à leur conscience en stimulant leur perception sensorielle. La réponse dépend de l'histoire individuelle de la personne. Il peut s'agir d'une musique, du parfum d'une fleur ou justement du contact avec un animal», explique Karin Diserens. Dans le cas de Nina, c'était son animal de compagnie.

Activité cérébrale stimulée par le contact

L'Université de Bâle travaille avec des animaux formés pour la thérapie. Karin Hediger étudie les effets du contact avec un animal sur les fonctions neurologiques telles que la perception, le mouvement, le langage et le psychisme. L'expérience porte sur un éventail de patients, des victimes d'accident comme Nina, qui ont encore un long chemin à faire, jusqu'aux personnes victimes d'une attaque cérébrale qui sont presque rétablies, mais souhaitent améliorer encore certaines compétences.

En observant le comportement et en mesurant le rythme cardiaque, la psychologue a pu démontrer que le contact avec un animal déclenchait des réactions chez les personnes en état de conscience minimale. L'expérience portait sur dix sujets qui ont été mis en présence de chiens, lapins et cochons d'Inde thérapeutiques sélectionnés selon leurs préférences. Elle a été complétée par une étude pilote avec deux personnes comateuses et deux autres en bonne santé, dans laquelle Karin Hediger a montré, par spectroscopie dans l'infrarouge proche, comment le contact augmentait l'activité cérébrale frontale.

La chercheuse explique la thèse de la biophilie: «Les individus cherchent toujours le lien avec la nature et les autres êtres vivants. D'ailleurs, les bébés sont attirés par les animaux.» Comme Karin Di-



Chiens, cochons d'Inde, lapins: les animaux peuvent motiver les victimes de traumatismes crâniens pour la thérapie. Photo: iStockphoto

serens, la psychologue souligne toutefois que le succès de la thérapie assistée par un animal dépend de la personne. Elle évoque aussi des défis: «Réaliser des études contrôlées randomisées, comme dans d'autres disciplines, est difficile. En effet, qui veut faire partie du groupe de contrôle?» La chercheuse explore sans cesse de nouvelles pistes, comme celle de groupes expérimentaux et de contrôle décalés dans le temps, afin que personne ne doive renoncer à la thérapie à tester.

Sauts de mouton pour franchir les obstacles

Selon Karin Hediger, un point positif est que les animaux motivent les malades à suivre leur thérapie. «Ils leur donnent le sentiment d'être responsables. C'est essentiel pour des personnes dont l'autonomie est restreinte. Parfois, des animaux inattendus entrent en jeu, comme des moutons ou des poules.» Après un AVC, un patient a ainsi rapidement retrouvé de l'assurance sur ses jambes en s'entraînant avec un mouton sur un parcours d'obstacles.

Reste encore à connaître les effets d'un tel travail sur les animaux. Dans l'esprit de l'approche de «Santé unique», qui vise à lier la santé publique, animale et environnementale, Karin Hediger s'intéresse également aux effets réciproques. Les premiers projets sur ce thème sont en cours à Bâle.

Klara Soukup est journaliste scientifique indépendante à Lausanne.

Leur QI explose le système

Il y a quelques années, les enfants surdoués n'étaient guère bienvenus dans les universités en Suisse. Désormais, celles-ci s'efforcent davantage d'accueillir de jeunes talents d'exception dans leurs communautés. Tour d'horizon.

Texte Emiliano Feresin

A 14 ans déjà, Kathryn Hess a commencé ses études à l'Université du Wisconsin-Madison aux Etats-Unis. Elle ne l'a jamais regretté. Au téléphone, elle plaisante au sujet de son QI «suffisamment élevé». Elle est professeure de mathématiques et vice-présidente associée des affaires étudiantes et de l'outreach (AVP-SAO) de l'EPFL. «Les universités américaines sont très flexibles et intéressées par les étudiantes douées. Si j'avais vécu en Suisse à l'époque, j'aurais peut-être pris une autre voie.» C'est ce qu'a vécu Maximilian Janisch, au QI supérieur à 149. Son histoire a fait la une des médias en 2011, quand l'ETH Zurich l'a refusé, le jugeant trop jeune à 9 ans. Il a ensuite étudié à Per-

les universités suisses montrent désormais un intérêt accru et lancent des initiatives pour attirer et garder les jeunes surdoués. Les expertes s'accordent toutefois à dire qu'il existe encore un potentiel d'optimisation.

Un enfant est considéré comme surdoué s'il obtient des résultats intellectuels supérieurs à la moyenne dans une ou plusieurs matières, ce qui se traduit en général par un score supérieur à 130 au test de QI. «Ces enfants veulent plus approfondir les matières et apprendre plus vite», note Regula Haag. Ils risquent donc de s'ennuyer, de déprimer ou d'obtenir de mauvais résultats. Il peut donc être judicieux qu'ils sautent des classes et aillent à l'université dès l'adolescence.

Ces dix dernières années, les hautes écoles du pays ont commencé à proposer des programmes attrayants pour ces jeunes dans des écoles de niveau maturité. L'EPFL a par exemple lancé le cours Euler de mathématiques, destiné à une trentaine d'élèves au-dessus de la moyenne, mais pas nécessairement très doués. Les universités de Zurich, Berne, Bâle, Lucerne et Genève proposent des programmes spéciaux, notamment en sciences naturelles et de l'ingénierie, en technique et en mathématiques. Souvent, ces jeunes y ont la possibilité d'obtenir des crédits et de faire la première année de leur bachelor. Atteindre des enfants doués issus



Maximilian Janisch, 19 ans, depuis 2022 doctorant à l'Université de Zurich

«J'ai commencé très tôt à jouer avec les chiffres. Mon père, un professeur de mathématiques à la retraite, m'a donné des leçons quotidiennes dès que j'ai eu 6 ans. A 9 ans, j'ai passé ma maturité en maths et je voulais avancer vite – alors pourquoi ne pas essayer l'université? ETH Zurich n'a pas voulu me prendre, mais l'Université de Zurich

m'a offert des leçons privées avec le mathématicien Camillo De Lellis – une expérience particulière. A l'époque, j'ai été au centre d'une polémique dans les médias, mais ça m'était plutôt égal et j'ai même bien aimé les interviews! **Je suis vraiment reconnaissant à l'Université de Perpignan de m'avoir accepté à l'âge de 12 ans.** Maintenant, les universités offrent des programmes pour les écoliers; c'est bien, mais peut-être que le système devrait se montrer plus flexible. D'autres participent à des olympiades de mathématiques. C'est amusant, mais pas pour moi, parce que ces maths sont différentes de ce qu'on fait plus tard en tant que mathématicien. Je suis un grand partisan de l'idée de sauter des classes et j'ai eu beaucoup de chance de le faire en étant bien soutenu. Maintenant, en tant que chercheur, j'ai tendance à préférer me concentrer sur la qualité plutôt que sur la vitesse.»

pignan. «Encore aujourd'hui, certaines universités jugent inutile de rechercher des étudiants à haut potentiel, car elles ont déjà une bonne réputation, note Regula Haag, directrice de la Fondation pour les enfants surdoués à Zurich. D'autres ont compris l'importance de recruter ces talents. Sinon, ils s'en vont aux Etats-Unis ou en Grande-Bretagne.» Dans la compétition acharnée pour attirer les meilleurs cerveaux, afin d'obtenir de meilleurs classements et plus de ressources,



Christina Gut, 27 ans

Etudiante en master aux universités de Bâle et de Lucerne

«Enfant, j'ai été diagnostiquée comme surdouée, mais cela ne m'a guère aidée à l'école. On attend des filles qu'elles soient calmes et non vantardes. J'étais bruyante et le montrais. Je suppose que mes camarades et peut-être aussi des enseignantes se sont sentis agressés par mes connais-

sances. Cela a eu des conséquences sur moi: au collège, mes résultats ont baissé. Il est plus facile d'identifier quelqu'un de doué dans une matière telle que les maths, mais mes points forts sont ailleurs: dans la compréhension des relations, dans la langue allemande et dans l'écriture. Hélas, **au collège, il n'y avait pas d'offres qui me permettaient de sonder mes limites.** J'ai assouvi ma curiosité par d'autres moyens – je suis devenue une lectrice passionnée et dévorais 800 pages en un week-end! A l'université, j'ai étudié la religion et la chimie, mais j'étais dépassée par les aspects organisationnels et j'ai changé pour la Haute école pédagogique de Zoug, où mes résultats étaient vraiment bons. J'ai repris confiance en moi et, maintenant, je suis de retour à l'université.»

de tous milieux sociaux et horizons est toutefois difficile. Les filles sont sous-représentées dans l'encouragement de jeunes surdoués. «Les garçons ont plus l'esprit de compétition, les filles sont plus enclines à s'adapter et à ne pas perdre leurs amitiés plutôt qu'à se vanter ou à sauter des classes», note Katarina Farkas, qui fait de la recherche sur le talent à la Haute école pédagogique de Zoug.

Kathryn Hess de l'EPFL fait remarquer que les programmes spéciaux s'adressent plutôt aux jeunes issus du milieu académique, alors que d'autres n'ont même pas l'idée de les suivre. Elle plaide donc pour une offre diversifiée et des programmes de sensibilisation ciblés.



Mathys Douma, 16 ans
Deuxième année de Bachelor en mathématiques à l'EPFL

«J'étais un enfant vraiment curieux et j'ai appris à lire avant la maternelle. A l'école, j'aimais les maths et apprendre, j'allais donc évidemment plus vite et plus en profondeur que mes camarades – j'ai sauté deux classes avant la 7e. Je vais bientôt commencer mon bachelors à l'EPFL, mais

directement en 2e année. **Parce que j'ai déjà passé les examens de 1re grâce aux cours Euler de l'EPFL** – ces six dernières années, j'ai consacré chaque semaine cinq heures à me rendre à l'EPFL et y suivre ces leçons. Les professeurs sont géniaux. Ils enseignent une forme cool de maths qui développe mon intuition mathématique. J'ai aussi participé aux Olympiades suisses de mathématiques, où j'ai gagné deux médailles d'or et une d'argent. Commencer l'EPFL à 16 ans ne m'inquiète pas: je connais les lieux et je suis à l'aise avec les personnes plus âgées. Nous avons des intérêts communs et il m'est plus facile d'établir des contacts. Des mentors pourraient être une bonne chose pour les étudiants surdoués qui manquent de confiance.»

Pour pouvoir étudier dans une université suisse, les jeunes surdoués doivent, comme les autres, remplir les critères d'admission. Certes, il n'y a en général pas de limite d'âge, mais la maturité est une condition préalable. «Nous veillons beaucoup à l'égalité de traitement, ce qui est juste, mais dans des cas exceptionnels, nous pourrions interpréter les règles de manière plus souple», dit Kathryn Hess.

L'intelligence est une chose. Mais ces enfants sont-ils socialement et psychologiquement à la hauteur d'un environnement adulte? «Chaque cas est différent, mais si l'enfant est soutenu par l'école et fait preuve d'autonomie, l'âge n'est pas un problème», constate Regula Haag de la fondation zurichoise.

Une étude de l'Université Vanderbilt (Tennessee), datant de 2021 a examiné les effets psychologiques et sociaux de l'accélération académique chez les élèves surdoués sur une période de plus de 35 ans et n'a pas trouvé de raison de s'inquiéter. Pour Katarina Farkas, il faut cependant se garder de trouver dans ces aspects positifs une excuse pour ne pas leur accorder une attention particulière: «Si l'enfant a de la peine, nous devons lui apporter un soutien profes-

sionnel.» Elle suggère de mettre en place un mentorat pour les étudiants à haut potentiel. Regula Haag se souvient de cas de jeunes «très doués entrés à ETH Zurich qui ont raté leur premier examen parce qu'il leur fallait étudier mais qu'ils ignoraient comment s'y prendre, puisqu'ils n'en avaient jamais eu besoin auparavant!» Et beaucoup de ces étudiants et étudiantes surdoués seraient plus heureux s'ils pouvaient sauter des cours de base lesquels leur paraissent ennuyeux même au niveau universitaire. Des universités américaines vont jusqu'à offrir un enseignement sur mesure et même des opportunités de faire de la recherche très tôt. Mais, dans le processus de Bologne suisse, les cursus sont standardisés et difficiles à modifier.

Jusqu'ici, le coaching et les cours sur mesure ne sont proposés qu'au second cycle. «Dans leur quête du prochain Prix Nobel, les universités pensent que le soutien doit commencer dès le stade du doctorat», dit Claus Beisbart, qui coordonne le programme de l'Université de Berne pour les élèves surdoués du secondaire. «Mais nous devrions y réfléchir plus tôt.» Un gros obstacle est celui des ressources et du personnel. Regula Haag estime que de petits changements pourraient déjà aider et propose d'intégrer des mentores expertes en surdouance dans les conseils universitaires suisses. Permettre aux jeunes surdoués de développer



Evelyn Ebnetter, 17 ans
Onzième année au lycée d'Oberwil

«J'adore les maths, l'informatique et la science en général, cela me vient naturellement. A l'école, les enseignantes **ont proposé que je saute des classes, mais j'ai toujours préféré rester avec les gens de mon âge et conserver mes amies.**

Je ne me suis jamais ennuyée. On me donnait des devoirs spéciaux et, en 6e, j'ai commencé à faire des concours de maths. Tout le monde à l'école m'a vraiment bien soutenue et je n'ai jamais été traitée différemment des garçons. L'école m'a même assigné un professeur pour me permettre de préparer les Olympiades de maths. Je fais partie de l'ETH Math Youth Academy et de la Junior Euler Society, qui m'aident aussi à préparer les compétitions. J'ai obtenu une médaille de bronze aux Olympiades de mathématiques d'Europe centrale et deux fois une mention honorable à l'Olympiade européenne de mathématiques pour filles. J'aime vraiment ces compétitions et faire partie d'une équipe. Plus tard, je prévois d'étudier l'informatique, probablement à l'ETH Zurich, mais je reste ouverte.»

leur don serait une stratégie gagnante tant pour eux-mêmes que pour les facultés et la société. «Si nous veillons sur les personnes surdouées et les aidons dans leur développement, elles pourront contribuer à résoudre certains problèmes de notre société», dit Katarina Farkas.

Emiliano Feresin est journaliste scientifique à Genève.



Pour toutes les abeilles du monde

Le professeur Peter Neumann dirige l'Institut pour la santé des abeilles du **Department of Clinical Research and Veterinary Public Health** de l'Université de Berne. Il a étudié l'écologie moléculaire à l'Université libre de Berlin, avec une **spécialisation en génétique des abeilles**. Sur la base de marqueurs génétiques des abeilles géantes d'Asie, son équipe a pu démontrer que, après une année de pérégrinations, les colonies et les colonies filles reviennent sur les mêmes sites de nidification. Peter Neumann est en outre **président du réseau Coloss (prevention of honey bee colony losses)**, une association internationale à but non lucratif qui s'engage pour le bien des abeilles dans le monde entier.

Celui qui danse avec les abeilles

D'abord tourné en dérision, Peter Neumann, le premier professeur de Suisse à tenir une chaire consacrée aux abeilles, est maintenant estimé et respecté. Il explique pourquoi il s'engage dans le monde entier pour la santé de ces insectes menacés et comment il est tombé amoureux d'une colonie au Brésil.

Texte Katharina Rilling Photo Fabian Hugo

«Les abeilles m'ont soulagé de douleurs atroces!» Peter Neumann est assis sur la moquette au pied du lit de son motel. Les rideaux sont tirés, les valises pleines. Les défaire n'en vaut pas la peine parce que le spécialiste des abeilles a pris son envol pour un voyage de recherche. Hier encore à Berne, aujourd'hui dans le Maryland, demain en Géorgie, puis en Alabama et dans le Mississippi, il poursuivra ce voyage autour du globe jusqu'en Thaïlande. Vaillant comme une abeille, serait-on tenté de dire. «Mais les abeilles sont paresseuses et dorment beaucoup. Néanmoins, elles sont mieux organisées que moi.» Il éclate de rire.

Peter Neumann raconte par vidéotéléphone ses voyages passés: «En Afrique, j'ai observé dans les savanes xériques du Kalahari une colonie d'abeilles jusqu'à en perdre un plombage et que l'endroit s'enflamme. Le médecin du village voulait me traiter avec une fraise sans anesthésie.» Mais lui a préféré retourner auprès des abeilles. Avec un burin, il a extrait de la propolis de la ruche et en a fait une boulette qu'il a fourrée dans la cavité. La propolis est une résine végétale transformée par les abeilles. Après une nuit déjà, les douleurs avaient diminué, dit Peter Neumann, parce que, comme le miel, cette substance a des vertus anti-inflammatoires. «Je ne suis pas un héros!» Il rit encore. Mais il n'est pas sensible à la douleur: il a déjà été piqué des milliers de fois. Comme, avec ses 2 mètres et quelques, il doit souvent obturer avec du ruban adhésif Gaffa les manches et les jambes de pantalon de ses combinaisons d'apiculteur trop courtes. Surtout sur le continent africain où les abeilles sont plus agressives. «Mais quelques-unes parviennent toujours à se glisser sous l'étoffe et te piquent.» Il n'est pas rare qu'une trentaine de piqûres lui couvrent le visage, les poignets et les chevilles. «Ça fait partie du jeu», dit-il. Et à partir d'un certain moment, le corps s'habitue au venin. «Maintenant, je n'ai plus l'air d'un zombie après une mission. On ne voit plus que quelques points.»

A Berlin, cet enfant de la ville aimait déjà passer son temps avec les insectes, par exemple à plat ventre sur l'asphalte pour donner de la glace aux fourmis. Il observait comment ces animaux sociaux s'entraîdaient, essayait de dénombrer les essaims et était fasciné par la manière dont les guêpes découpaient des lambeaux dans le jambon du petit déjeuner. L'enfant voulait comprendre comment des animaux apparemment bêtes peuvent s'organiser si intelligemment et, en définitive, prendre ensemble les bonnes décisions.

Et même si les abeilles du Kalahari lui ont rendu un grand service, c'est lui-même qui a décidé de se consacrer à leur santé. En tant que responsable de l'Institut pour la santé des abeilles de l'Université de Berne et comme président du réseau Coloss qui regroupe 1900 collègues issus de 114 pays, il mène dans le monde entier des recherches sur les causes de l'effondrement des colonies d'abeilles. Pour cette mission, il a déjà travaillé et vécu avec des abeilles sur tous les continents – à l'exception des régions arctiques où il n'y en a pas. «Mais ours polaires et abeilles ont quelque chose en commun. Ils sont minçons. Alors les gens s'inquiètent un peu quand ils meurent de faim.»

Il y a trente ans, on se moquait encore de ses recherches. Comment peut-on gagner de l'argent avec des inepties telles que la santé des abeilles? Mais cela a fondamentalement changé, car l'abeille, insecte par excellence, se porte plus mal que jamais et nous avons besoin d'elle. Il est certes absurde de mesurer la valeur d'autres êtres vivants en fonction de leur utilité pour nous. «Mais nous devons comprendre que les insectes sont importants pour nous et que nous devons les proté-

ger.» La citation d'Einstein – «Si les abeilles venaient à disparaître, l'humanité n'aurait plus que quatre ans devant elle» – émane probablement plutôt d'apiculteurs et ne peut pas être prise à la lettre. Mais ces pollinisateurs sont essentiels pour une alimentation saine et bénéfique. Selon le spécialiste, un bon tiers de nos aliments en dépendent.

Extinction de masse effroyable

«Des données indiscutables montrent que les pertes de colonies sont trop grandes. Pour les apiculteurs de chez nous, des pertes de 10% par an sont normales. Mais pas de 20 à 30%. Je connais même de nombreux cas d'extinction totale», déplore-t-il. Presque toutes les abeilles mellifères élevées sont atteintes d'une maladie chronique – l'acarien Varroa, porteur d'un virus. Les médicaments permettent de les traiter dans une certaine mesure. Mais la plupart des colonies sur terre, environ 90%, sont sauvages. «C'est là que je vois le plus gros problème, car nous n'avons aucun contrôle. De nombreuses espèces d'abeilles sont menacées d'extinction. Dans l'histoire de la vie, il y a toujours eu des coupes de la faune qui ont fait disparaître environ 90% des espèces. Les insectes ont toujours été épargnés. Ils sont coriaces. Aujourd'hui, ils disparaissent pour la première fois en masse. Et nous en ignorons les raisons. Ça fait peur.» Il y a toutefois quelques suspects principaux: des agents pathogènes importés tel l'acarien Varroa, la disparition des habitats, les pesticides, le changement climatique. L'une des spécialités de Peter Neumann est le petit coléoptère de la ruche, introduit sur d'autres continents par le commerce mondial depuis l'Afrique australe. En tant que parasite, il se nourrit de miel, de pollen, de couvain d'abeilles et peut même être nourri directement par les

abeilles mellifères. C'est aussi pour poursuivre ses recherches sur ce coléoptère qu'il se rend actuellement aux États-Unis. Son projet étudie dans quelle mesure l'accouplement et la reproduction des espèces d'insectes invasives s'adaptent à de nouvelles zones de diffusion. «Les espèces introduites sont un problème majeur. Elles peuvent causer des dégâts massifs et se reproduire de manière explosive.» Les premiers résultats montrent clairement que les coléoptères s'accouplent en principe plusieurs fois, ce qui est un facteur possible pour réussir à s'établir dans de nouvelles zones. Mais une lueur d'espoir existe. Le spécialiste a ainsi pu montrer que les virus des abeilles élevées par l'homme sont moins nocifs pour les abeilles sauvages qu'on ne le pensait jusqu'ici. En outre, les abeilles du Brésil et d'Afrique, robustes, s'accommodent du Varroa destructor et d'une mauvaise apiculture. «Je suis tombé amoureux d'une colonie d'abeilles idéalement saine au Brésil. Nous gagnerons beaucoup à la comprendre.» Il analyse les colonies de bout en bout. Que se passe-t-il à l'entrée? Y a-t-il du couvain? Le nid est-il troué?

Comme une abeille dans un délicieux pré, Peter Neumann passe d'un fait appétissant à l'autre: les abeilles se relaient pour chauffer et ont des dons et des préférences. Elles communiquent par des odeurs, des danses et des tapotements d'antennes. Elles savent compter et comprennent le zéro. Passionné, le chercheur parle avec les mains. «Oui, je suis un exalté.» Bien sûr, cela ne fonctionne pas ainsi sur le terrain. «Mais les abeilles me calment. C'est là qu'on dit: ooom. Certains allument de l'encens, moi, c'est l'encensoir.»

Comme une abeille dans un délicieux pré, Peter Neumann passe d'un fait appétissant à l'autre: les abeilles se relaient pour chauffer et ont des dons et des préférences. Elles communiquent par des odeurs, des danses et des tapotements d'antennes. Elles savent compter et comprennent le zéro. Passionné, le chercheur parle avec les mains. «Oui, je suis un exalté.» Bien sûr, cela ne fonctionne pas ainsi sur le terrain. «Mais les abeilles me calment. C'est là qu'on dit: ooom. Certains allument de l'encens, moi, c'est l'encensoir.»

Katharina Rilling est journaliste indépendante à Zurich.

«Maintenant, après
une mission, je n'ai plus
l'air d'un zombie.
On ne voit plus que
quelques points.»

Contre les faux dilemmes

«L'attitude correcte face à l'argent est celle d'un mépris empreint de désir.» (Henry Miller)

Si j'ai choisi une citation d'Henry Miller pour aborder le thème du dossier de ce numéro, c'est afin d'éviter que de fausses dichotomies ne germent en moi. La pandémie, unique grand test PCR pour notre société, a clairement montré à quel point nous aimons expliquer le monde

à l'aide de fausses dichotomies. Trop souvent, la politique, mais en partie aussi la science, nous a présenté deux options comme étant les seuls moyens d'action possibles. Les alternatives n'ont pratiquement plus été prises en compte ni examinées. Cette évolution très défavorable domine actuellement aussi le débat sur d'autres grandes questions de société comme le climat, le développement durable, l'énergie et la biodiversité ainsi que la neutralité et le maintien de la paix.



Marcel Tanner est président du groupement des Académies suisses des sciences a+.

Comprendre et simplifier des systèmes complexes en se bornant à développer ou suggérer deux positions est impossible. La réflexion critique ainsi que le large éventail de perspectives, et donc d'options d'action alternatives, s'en trouvent limi-

tés. Enfin, et de manière plus décisive encore: la démarche scientifique ne peut et ne doit jamais aboutir à de fausses dichotomies et donc à de faux dilemmes. Nous constatons régulièrement que le travail scientifique montre ce que nous savons et ce que nous ignorons à un moment donné. La probabilité qui en résulte constitue la base des options d'action, sans jamais se limiter à deux modes d'action possibles, bien que cela soit trop souvent revendiqué par la politique et la société.

En défiant de fausses dichotomies et de faux dilemmes, nous reflétons des systèmes complexes ainsi que les solutions et options d'action à notre disposition. Ce n'est que de cette manière que le dialogue répété entre la science, la politique et la société peut porter ses fruits.

On en revient ainsi au thème de ce numéro: stimulés par les aperçus et les perspectives acquises, nous ne succomberons pas aux faux dilemmes du sage et du grandiose et du puissant et du riche, qui dominent trop souvent nos sociétés.

Allier progrès économique et durabilité



Photo: Steven Kamenar / Unsplash

Le Programme national de recherche «Economie durable» (PNR 73) a pris fin après cinq ans de recherche. Afin d'accélérer la transition vers une économie durable en Suisse, il présente des recommandations pour le secteur privé et public et les responsables politiques. Les résultats des 29 projets couvrent divers domaines: production alimentaire, économie circulaire, logement et construction, écosystèmes forestiers. Pour tendre vers une économie durable et encourager les technologies innovantes, un changement de mentalité de la société et de l'industrie est requis. Le monde politique doit aussi promouvoir ce processus en favorisant les échanges et la transparence, en particulier la prise en compte des émissions de CO₂ et de la consommation de ressources. Des interventions réglementaires, économiques et comportementales doivent être introduites pour réaliser une économie durable.

Comment la science marque des points en politique



Photo: Rob Lewis / Services du Parlement

Comment les connaissances scientifiques parviennent-elles au Parlement? Les scientifiques travaillant en Suisse n'ont souvent pas de réponse claire à cette question. Une nouvelle publication de la Jeune Académie Suisse signale quand des chercheuses sont invitées à des auditions parlementaires. Et elle livre des conseils pratiques, des aperçus et des informations de fond sur la procédure législative. Ce document a pour but d'aider les (jeunes) scientifiques à transmettre efficacement leurs connaissances lors des débats parlementaires. tinyurl.com/qui-est-entendu

Tous unis pour l'Agenda 2030

Pour la première fois et jusqu'au 24 septembre 2023 court la procédure de consultation publique sur le message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation (message FRI) 2025-2028. Pendant cette période de planification, les Académies suisses des sciences ont pour priorité d'apporter leur contribution aux objectifs de l'Agenda 2030. Afin de pouvoir les atteindre, le mandat de base doit rester financièrement garanti, autrement dit il faut renforcer la collaboration de manière inter- et transdisciplinaire et ancrer la science dans la société. «Nous créons ainsi les fondements pour pouvoir injecter encore plus de fonds de tiers, déclare Marcel Tanner, président des Académies. De cette manière, nous pouvons à la fois poursuivre nos travaux et nous lancer dans de nouveaux projets.»
go.academies-suisse.ch/2025-2028

Une expo rafraîchissante sur le CO2

Lauréate du prix Optimus Agora 2023, l'exposition Keep It CO₂OL aspire à faire connaître le dioxyde de carbone (CO₂) au grand public et le sensibiliser au changement climatique. Comprendre le rôle du CO₂ dans le dérèglement du climat constitue la base de changements comportementaux indispensables pour y faire face. Imaginée de manière interactive, l'exposition sera une plateforme d'échanges entre le monde de la science, le grand public, les industries et le monde politique. Les visiteurs de tout âge pourront suivre des ateliers, des visites guidées, des conférences et expérimenter des installations interactives. Keep It CO₂OL est à découvrir dès l'hiver 2024/2025 à focusTerra, le musée des sciences de la Terre à l'ETH Zurich.

Le FNS reconduit ses mesures transitoires

Depuis plus de deux ans, la Suisse est considérée comme un pays tiers non associé au programme de recherche Horizon Europe. Comme ce statut n'a pas changé, le FNS reconduit en 2023 trois mesures transitoires sur mandat de la Confédération: SNSF Advanced Grants, SNSF Swiss Postdoctoral Fellowships et SNSF Consolidator Grants. Ces mesures s'adressent aux chercheuses et chercheurs qui désiraient postuler pour un ERC Advanced Grant, un ERC Consolidator Grant ou une bourse individuelle Marie Skłodowska-Curie (MSCA) cette année.

Données ouvertes pour une science ouverte



Photo: FNS / Adrian Moser

En juillet 2021, les grandes institutions de la recherche scientifique en Suisse – le FNS, les Académies des sciences, le domaine des EPF et swissuniversities – publiaient la Stratégie nationale Open Research Data (ORD). Cette collaboration se poursuit à travers le Strategy Council, composé de leurs dirigeantes et dirigeants. Sa mission: mettre en œuvre cette stratégie ambitieuse et développer une vision commune du futur de l'ORD en Suisse. Cette année, la directrice du FNS, Angelika Kalt, en assume la vice-présidence. «C'est une configuration inédite et une opportunité majeure pour les parties prenantes, explique-t-elle. Le monde scientifique est confronté à de profondes mutations, on peut penser aux opportunités qu'offre l'IA et/ou aux défis du changement climatique. En travaillant ensemble, nous pouvons mieux aligner les mesures ORD sur les besoins des communautés de recherche et progressons ainsi vers une allocation plus responsable des ressources et une approche mieux ancrée à l'international.» Véritable pilier de l'open science, l'ORD constitue un objectif prioritaire du FNS depuis plusieurs années. «L'ORD favorise la transparence et la collaboration mais aussi une meilleure adaptation à la science de demain. Elle facilite par exemple l'interdisciplinarité et permet de sortir des silos scientifiques pour une recherche créative, diversifiée et performante.»

Le premier grand projet du Strategy Council consiste à développer l'écosystème ORD dans les domaines de la santé et des sciences de la vie. Des propositions concrètes seront présentées début 2024.

openresearchdata.swiss

Une structure orientée vers l'avenir

Dès 2024, de nouveaux statuts encadreront le travail du FNS. L'organisation sera dotée d'une nouvelle structure flexible afin de relever les défis actuels et futurs liés à la recherche et à son encouragement. Ces statuts définiront clairement les compétences des deux conseils: le Conseil de fondation continuera d'exercer la direction globale du FNS et le Conseil de la recherche s'investira davantage dans l'élaboration des instruments et mesures d'encouragement. De plus, un nouvel organe au rôle consultatif sera formé: l'Assemblée des délégués et déléguées, représentante des intérêts des hautes écoles et des organisations scientifiques. La taille des deux conseils sera réduite et leurs règlements d'exécution seront établis ultérieurement. Ainsi, le FNS pourra poursuivre sa mission efficacement et continuer d'encourager la recherche de pointe en Suisse et sa mise en réseau au niveau international.

Des thèses de doctorat remarquables



Photo: m&ad

Simone Bavera (astronomie), Joël Bloch (biologie), Michelle Frei (chimie) et Ariadni Afroditi Georgatou (géosciences) sont les lauréates et lauréats du Prix Schläfli 2023. Avec ce prix, l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) récompense les quatre thèses de doctorat les plus marquantes présentées par de jeunes chercheuses et chercheurs des universités suisses. Simone Bavera étudie les propriétés des trous noirs qui fusionnent. Joël Bloch a rédigé sa thèse de doctorat sur des molécules de glucose particulières. Michelle Frei a développé une nouvelle méthode pour visualiser les processus dans les cellules vivantes. Avec sa thèse de doctorat sur les minéraux de sulfures magmatiques, Ariadni Afroditi Georgatou a fait œuvre de pionnière dans un domaine à la frontière entre la volcanologie et la minéralogie.

scnat.ch/prixschlaeffli

Horizons 137, p. 2: «Nous sommes aussi machine»

Héliocentrisme dogmatique

Judith Hochstrasser écrit: «Le Soleil ne tourne pas autour de la Terre. Non, c'est le contraire. Donc l'être humain n'est pas le centre de l'Univers.» Est-il toujours nécessaire qu'une vérité en chasse une autre, comme sous l'autorité d'une nouvelle religion? Copernic avant Galilée savait que son système héliocentrique simplifiait la compréhension du mouvement des planètes dont l'observation restait assujettie au géocentrisme. La rotation de la Terre autour du Soleil, qui n'est le centre que de son propre système, ne doit pas être confondue avec sa rotation par rapport à l'Univers. Cette rotation vue de la Terre ou d'un point dans l'Univers n'oppose pas deux vérités, mais deux visions différentes de la même réalité. L'erreur avait été d'instituer le géocentrisme comme un dogme. N'aurions-nous pas refait la même erreur avec l'héliocentrisme?

Alain Barcat, Chalonnes-sur-Loire (F), artiste plasticien

Et l'intelligence de la nature?

L'IA est un enjeu majeur de notre société, mais je regrette que l'édito, dont le titre est «L'être humain n'est pas le seul à savoir», conclut que la seule autre forme d'intelligence autre qu'humaine est l'IA et fait abstraction de l'intelligence qui nous entoure depuis toujours, celle qui a fait l'humain au cours des millions d'années de notre planète, l'intelligence de la nature. Comment, aujourd'hui encore, avec la connaissance que nous avons de notre monde, en est-on réduit à ce discours anthropocentré ?

Julien Maillard, Lausanne, chercheur

Faites-nous part de votre avis!

Vous souhaitez réagir à un article? Nous nous réjouissons de votre commentaire par courriel à redaction@revue-horizons.ch ou sur Twitter [@horizons_fr](https://twitter.com/horizons_fr). Courrier des lecteurs à envoyer jusqu'au 30 septembre 2023 au plus tard.

**La science donne des arguments
Recommandez Horizons!**

Horizons rend compte du paysage de la recherche suisse quatre fois par an. Abonnez-vous gratuitement ou offrez un abonnement à vos amies et amis.

Avez-vous une nouvelle adresse ou des questions au sujet de votre abonnement? Dès lors, veuillez vous adresser à abo@revue-horizons.ch

Vous pouvez vous abonner à l'édition papier ici:
revue-horizons.ch/abo

Horizons
Le magazine suisse de la recherche paraît quatre fois par an en français et en allemand. La version en ligne paraît également en anglais.
36e année, no 138, Septembre 2023.

revue-horizons.ch
redaction@revue-horizons.ch

L'abonnement est gratuit: www.revue-horizons.ch/abonner

En cas de question ou souhait de modification d'abonnement: abo@revue-horizons.ch

Rédaction
Florian Fisch (ff), codirection
Judith Hochstrasser (jho), codirection
Astrid Tomczak-Plewka (ato)
Elise Frioud (ef)
Yvonne Vahlensieck (yv)
Ellen Weigand (ew, édition française)

Graphisme, rédaction photo
Bodara GmbH,
Büro für Gebrauchsgrafik
13 Photo AG

Traduction
Olivier Huethner
Magali Zublin

Correction
Samira Payot
Rédaction en chef
Christophe Giovannini (cgi)

Éditeurs
Fonds national suisse (FNS)
Wildhainweg 3
Case postale
CH-3001 Berne
Tél. 031 308 22 22
com@snf.ch

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

Le Fonds national suisse de la recherche scientifique encourage sur mandat de la Confédération la recherche dans toutes les disciplines scientifiques. Il investit chaque année environ 1 milliard de francs. Actuellement, plus de 5600 projets sont en cours, avec la participation de près de 20 000 scientifiques. Le FNS est ainsi le principal promoteur de la recherche en Suisse.

Les Académies suisses des sciences s'engagent sur mandat de la Confédération en faveur d'un dialogue équitable

entre la science et la société. Elles représentent la science de manière interinstitutionnelle et interdisciplinaire. Elles ont accès à l'expertise de quelque 100 000 scientifiques.

Impression, lithographie et gestion des adresses
Stämpfli SA, Berne et Zurich

Impression climatique-ment neutre,
myclimate.org

Papier: Lesbebo Rough White, Magno Star

Typographie: Caslon Doric, Sole Serif

Tirage
13 800 français
30 200 allemand

© Tous droits réservés. Reproduction des textes autorisée sous licence Creative Commons BY-NC-ND. ISSN 1663 2710

Les articles ne reflètent pas forcément les points de vue des éditeurs.

Nous aspirons à un langage non sexiste et utilisons donc les deux formes génériques ainsi que des termes neutres tels que «scientifiques».

Faut-il doter les robots d'une morale?

OUI Je sursaute à chaque fois que j'entends dire que l'éthique doit être intégrée dans des outils technologiques. Car l'éthique est heureusement déjà intégrée. Lors du développement, les équipes travaillent avec de multiples évaluations, pèsent les intérêts et ont des stratégies - ce sont tous de petits carrefours normatifs où sont prises des décisions éthiques basées sur des objectifs et des valeurs.

Le défi ne consiste donc pas à apporter l'éthique de l'extérieur, mais à expliciter l'impressionnante quantité de choix éthiques déjà effectués. Parmi ces choix, le comportement souhaité du robot est un point central. En

effet, la capacité de respecter certaines règles est un prérequis pour son utilisation dans les domaines où le robot est au contact des humains.

Pour réaliser cet effort d'explicitation, le défi est triple. Quelle grande approche de l'éthique choisir, par exemple entre une éthique des conséquences et une éthique des devoirs? Sur cette base, comment définir les règles et les méthodes de prises de décision qui font consensus? Et, finalement, comment assurer que le robot est techniquement à même de respecter ces règles?

A l'exemple des robots susceptibles d'être utilisés en zone de conflit, le respect des principes du droit de la guerre représente un minimum absolu. Mais un consensus sur le papier ne garantit pas la faisabilité technique. Comment garantir que le robot identifie les conséquences pertinentes, les évalue puis agisse en conséquence?

Ces questions constituent des défis éthiques, des choix de valeurs par exemple, avec une composante technique: on veut sans cesse améliorer ce

qui est techniquement possible. Il ne faut pas les aborder avec les catégories de «vrai» ou de «faux», mais plutôt avec l'ambition de rendre explicite et prévisible le comportement du robot, le tout basé sur des choix normatifs documentés et justifiables. Ces questions appellent une collaboration renforcée entre spécialistes d'éthique et de robotique.



Photo: m&ad

«Heureusement, l'éthique est déjà intégrée dans des outils technologiques.»

Johan Rochel est chercheur postdoc à l'EPFL, auteur du livre «Les Robots parmi nous. Pour une éthique des machines» et codirecteur du laboratoire d'éthique de l'innovation Ethix.

NON «Un robot ne peut blesser un être humain ni, par son inaction, permettre qu'un humain soit blessé»: dans ses récits, l'auteur de science-fiction Isaac Asimov a testé si de telles lois suffiraient à dicter leur conduite aux robots. Il en est toujours arrivé à la conclusion que la morale est trop complexe pour être résumée par des règles.

Mais les algorithmes et, avec eux, les robots ne peuvent-ils pas apprendre la morale à partir de grandes quantités de données? En effet, contrairement aux êtres humains, certains ont par exemple appris qu'on peut attendre sans rien faire. Mais comme tous les systèmes qui apprennent à partir de grandes bases de données, ils ne comprennent pas vraiment de quoi il s'agit. Nos mots et nos phrases n'ont de sens que s'ils sont étayés par une bonne dose de bon sens.

C'est un peu comme le légendaire roi Midas, qui souhaitait que tout ce qu'il touche se transforme en or. Bien sûr, il n'avait pas souhaité que sa nourriture subisse le même sort. Prendre les humains au mot était probablement une taquinerie pour les dieux, mais c'est un problème fondamental pour les algorithmes: ils ne résolvent pas forcément les tâches qui leur sont confiées comme nous l'aurions souhaité. Seule une stricte surveillance humaine et un entraînement intensif les maintiennent sur la bonne voie, ce qui n'est toutefois qu'un faible substitut au sens moral.

La morale que les algorithmes sont en mesure d'apprendre ressemblera aux résultats des grands modèles linguistiques: ils sont agréables à lire ou à entendre, mais pèchent souvent par leur banalité et sont parfois complètement idiots. De tels robots nous tromperont encore plus fortement sur ce à quoi nous avons réellement affaire: des outils techniques qui ne saisissent pas le monde comme nous. La morale artificielle risque surtout d'accroître encore la confusion générale dans le monde et, dans le pire des cas, de nous inciter à utiliser ces systèmes dans des domaines qui les dépassent, au point de finir un jour ou l'autre par provoquer un désastre.



Photo: m&ad

«La morale artificielle risque surtout d'accroître encore la confusion générale dans le monde.»

Manuela Lenzen est journaliste scientifique en Allemagne, auteure d'un livre sur l'intelligence artificielle («Künstliche Intelligenz. Fakten, Chancen, Risiken») et collaboratrice scientifique au Centre de recherche interdisciplinaire de l'Université de Bielefeld.

«La course à la meilleure monnaie numérique a un volet géopolitique. Il s'agit également de savoir laquelle va dominer l'économie mondiale à l'avenir.»