

134 Septembre 2022

Horizons

Le magazine suisse de la recherche



La science fait
le grand cinéma [Page 14](#)

La vérité doit être sacrifiée!



Florian Fisch
Codirecteur de la
rédaction

Pris dans une tempête de sable, l'astronaute est abandonné sur la planète Mars par ses coéquipiers. Cette scène du blockbuster «Seul sur Mars», sorti en 2015, serait impossible dans la réalité, car l'atmosphère de cette planète est trop fine pour une telle tempête. La même année, dans la série télévisée de la BBC «The Last Kingdom», sont mis en scène des Anglo-Saxons qui se battent contre les Vikings avec des boucliers rectangulaires et non ronds comme ce fut le cas en réalité. Toute personne connaissant un peu le sujet saura reconnaître de telles erreurs dans les films.

Toutefois, erreur n'est pas le bon terme ici: la seule faute que l'on pourrait vraiment reprocher à une équipe de tournage serait de produire un film ennuyeux. S'il faut une tempête de sable pour faire démarrer l'histoire, alors le scénario est bon. Et, si dans le tumulte des batailles du haut Moyen-Âge, les formes des boucliers permettent au public de s'orienter, c'est que les réalisatrices ont travaillé dans les règles de l'art.

La science et le cinéma se situent aux deux extrêmes opposés du spectre: du côté scientifique, tout doit être aussi vrai et détaillé que possible. Mais cela n'est compréhensible que pour peu de gens. Dans les films, par contre, les maximes sont la qualité du divertissement et l'effet émotionnel. L'intrigue est certes souvent basée sur des faits réels, mais sans tenir compte de l'exactitude lorsque cela sert le scénario.

La communication scientifique est confrontée au quotidien à une contradiction semblable. Elle doit atteindre un public aussi large que possible tout en restant nuancée et absolument précise. Cela ne peut pas fonctionner. Afin de pouvoir raconter la science comme une histoire, il faut sans cesse faire des compromis entre l'exactitude et le divertissement.

Celles et ceux qui souhaitent atteindre une part vraiment importante de la population avec leurs recherches devraient travailler avec l'industrie cinématographique. Vous apprendrez comment ça marche et ce qui en résulte dans notre dossier consacré à la relation chargée de tension entre science et cinéma, dès la page 14.



Dossier: du cinéma, des faits et de la fiction

16 [Conseils sur le plateau de tournage](#)
Comment Zwingli est devenu réaliste dans un film historique

20 [Clichés sur grand écran](#)
Du scientifique fou à la lanceuse d'alerte ignorée

24 [Scandale au cinéma](#)
Les peurs et les tabous brisés dans l'histoire du cinéma

26 [Voyage temporel dans la science-fiction](#)
S'affranchir des limites physiques dans l'espace et le temps

A gauche: Encore une prise! Horizons a visité le plateau de tournage d'«Electric Child». Couverture: dans ce film, Sonny, spécialiste en informatique, entre dans le serveur pour sauver son enfant, aidé par une IA. Photo: Michel Gilgen

4 [En image](#)
Vue sur une cheminée volcanique

6 [Nouvelles de politique scientifique](#)
La Russe anti-guerre, le chatbot doté d'une conscience et la Nasa qui chasse les ovnis

10 [Actualités de la recherche](#)
Ce que racontent un vieux registre de visiteurs, des images satellites de Madagascar et un caillot de sang

13 [Comment ça marche](#)
Thérapie génique: premiers succès

28 [Reportage](#)
Au laboratoire d'épizooties le mieux protégé de Suisse



32 [Enseignement universitaire](#)
Comment on pourrait rendre les cours magistraux plus attrayants

34 [Au fil de l'Air](#)
Six projets de recherche au bord de la rivière



37 [Horloge atomique encore plus précise](#)
Une seule seconde d'écart en 150 milliards d'années

38 [Portrait](#)
Carmela Troncoso se bat pour la protection des données et les préoccupations des LGBT+

40 [Médecine sur puce électronique](#)
Les cellules sur mesure arrivent

42 [Dix ans de Flagships](#)
Cerveau simulé et matériau miracle universel: un bilan des grandes promesses de la recherche

46 [Démasquer l'art spolié](#)
Le point sur la recherche de provenance avec la conservatrice de la collection Gurlitt à Berne

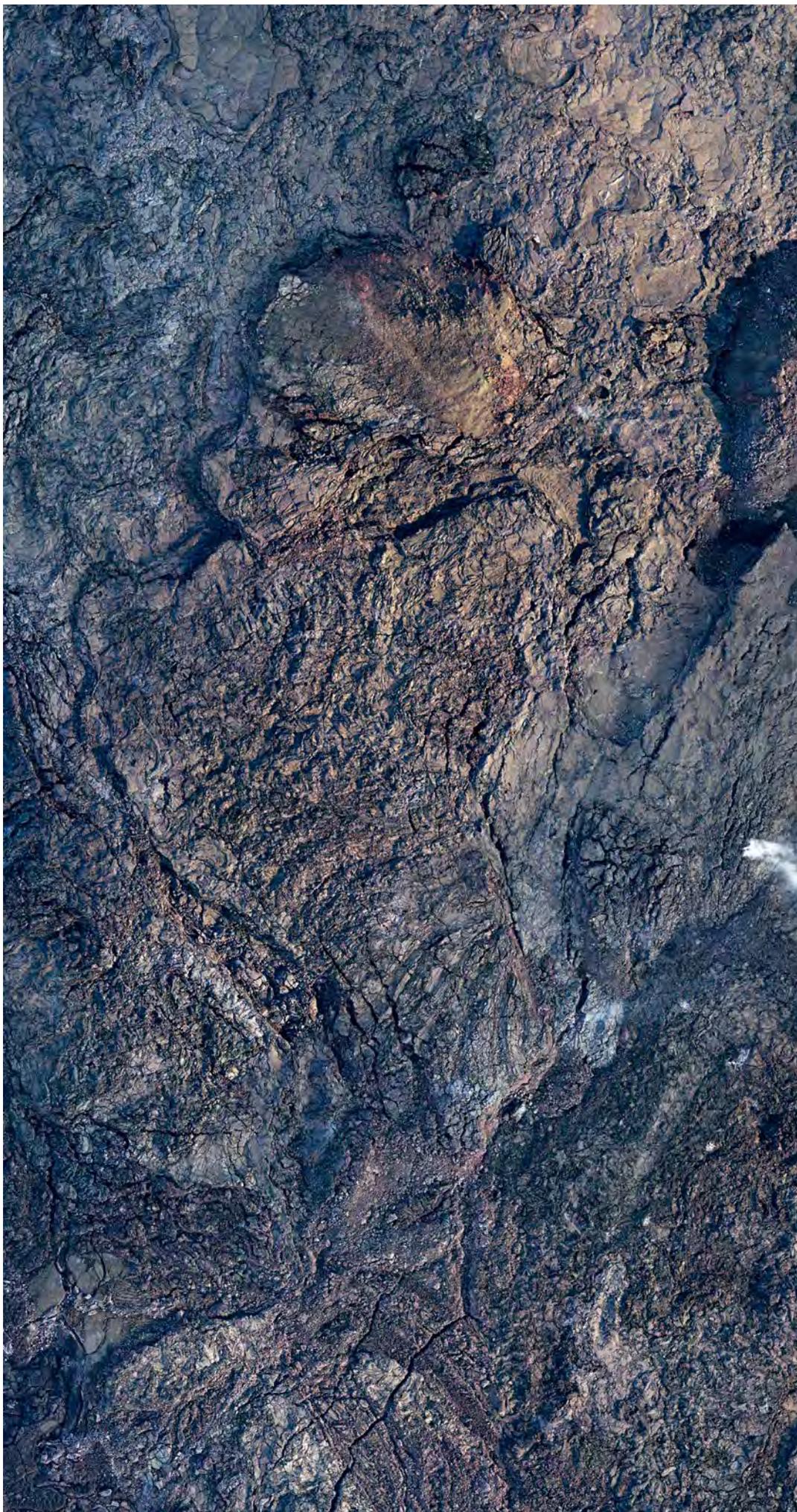
48 [Les pages des éditeurs](#)
50 [Vos réactions/Impressum](#)

51 [Débat](#)
Les chaires à temps partiel sont-elles une solution viable aux problèmes structurels des universités?

Puissante terre naissante

Une nouvelle terre incandescente, venant d'une profondeur de 20 kilomètres, est en train de naître. Sur son long chemin vers la surface, le magma a déjà provoqué des essais sismiques sur la péninsule de Reykjanes en Islande en février 2021. C'est pourquoi Elisabetta Panza et son équipe du Laboratoire de volcano-tectonique de l'Université de Genève se sont rendues sur place. «Ce fut un réel événement. Normalement, je cartographie des parties de terrains plus anciens de zones à la tectonique toujours active. Elles pourraient aussi entrer en éruption, mais là, cela a eu lieu sous nos yeux.» Les scientifiques n'étaient pas seuls à assister au spectacle qui a débuté le 19 mars et a attiré une foule de badauds. «C'était une éruption effusive: la lave coulait lentement et régulièrement des cratères. On pouvait donc s'en approcher très près», note la chercheuse. Avions et hélicoptères ont même amené les curieux juste au-dessus de la terre naissante. Mais le 5 mai, l'espace aérien a été fermé durant les premières heures du jour pour laisser travailler les scientifiques et ainsi réaliser l'orthomosaïque, la photo ci-contre. «Je pilotais le drone, mon professeur et un autre chercheur observaient», raconte Elisabetta Panza. «L'éruption avait produit une topographie inédite et nous ne pouvions pas nous fier aux cartes. Il fallait vérifier à vue si le drone couvrait la zone.» L'équipe eut fort à faire pour coordonner le travail: garder les batteries au chaud sous leurs habits, rester à l'écart du vent lors du décollage et de l'atterrissage, veiller aux intrusions illicites d'avions, piloter et poser le drone entre deux fontaines de lave, crachées toutes les cinq minutes par le cratère. Mais le résultat fut à la hauteur de l'effort: des images précises de la structure du champ de lave. «Les cheminées sont en général l'expression en surface de la structure de la croûte. L'orthomosaïque nous donne une idée de la dynamique des fractures en dessous», note Elisabetta. Comme le paysage change chaque jour pendant les éruptions, celui montré sur la photo a disparu depuis longtemps, même les deux cratères. «L'image, très impressionnante, souligne la puissance de la terre que nous ne pouvons contrôler, seulement observer.»

Judith Hochstrasser (texte),
Elisabetta Panza (image)





Lu et entendu

«Pas seulement se plaindre de la Chine si forte, mais devenir nous-mêmes plus forts.»

Photo: mäd



Bettina Stark-Watzinger, ministre allemande de l'Éducation et de la Recherche, pense qu'il faut limiter la coopération avec la Chine dans certains domaines de recherche comme l'intelligence artificielle, utilisée dans ce pays à des fins de surveillance.

«Je dois pouvoir prédire les résultats d'expériences très précisément.»

L'immunologiste Kondwani Jambo du Malawi culpabilise de dépenser de l'argent pour la recherche alors que le système de santé manque de tout. Même s'il dispose d'assez de fonds, il doit planifier ses projets avec précision en raison d'obstacles techniques multiples.



Photo: mäd

Pour un meilleur soutien de la relève scientifique

Pendant la pandémie de Covid-19, nombre de jeunes scientifiques ont tourné le dos à la science, a constaté l'ancien président du Conseil européen de la recherche Jean-Pierre Bourguignon. Pour mettre fin à l'hémorragie de cerveaux, des scientifiques de toute l'Europe ont présenté un manifeste avec un plan en quatre points. D'une part, les conditions de travail, les salaires et la mobilité des scientifiques doivent être répertoriés et surveillés. De l'autre, il faut améliorer les conditions d'engagement et de travail de la relève.

Et il faut davantage de recrutements de doctorantes et doctorants dans l'industrie, ainsi que des améliorations ciblées pour la relève scientifique sur l'ensemble du marché du travail européen.

«L'Europe ne peut pas se permettre de voir les forces vives de sa recherche gravement affectées à une époque où une bataille globale pour les talents fait rage», a dit Jean-Pierre Bourguignon lors d'une conférence européenne sur le soutien des jeunes scientifiques

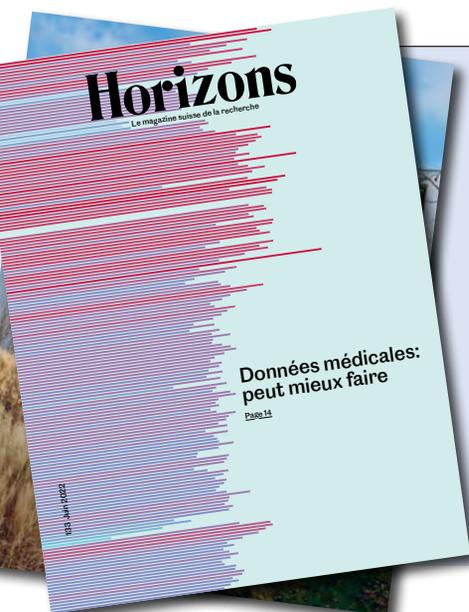
en période d'incertitudes, le 13 juillet dernier à Bruxelles.

En avril, sur Twitter, la biologiste Emma Hodcroft attirait déjà l'attention sur la pression subie aussi par les jeunes scientifiques en Suisse: «En plus du stress de la pandémie, depuis 2020, j'ai enchaîné les contrats à durée déterminée et les logements précaires (pas de travail, pas d'appartement), puis j'ai vécu l'expiration

imminente de mon permis de séjour en Suisse (aussi en lien avec l'emploi) en novembre. Bien sûr, cela a un impact sur ma santé mentale, ma créativité et ma productivité.» Depuis, sa

«Bien sûr, cela a un impact sur ma santé mentale.»

situation a peu évolué. «J'aimerais beaucoup rester en Suisse. Mais j'ai toujours des contrats de travail de durée limitée qui expirent dans moins d'un an», notait-elle ainsi en juillet à la demande d'Horizons. Les politiques ont compris qu'il fallait agir: lors de la session d'été, le Parlement a accepté un postulat qui vise à contraindre les universités à créer plus de postes de postdoc à durée indéterminée. *ato*



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



«Etre Russe aujourd'hui a quelque chose de toxique. C'est exactement ce que veut notre gouvernement»

Photo: Sacha Bittel/EPFL

Diverses nationalités collaborent au Laboratoire des matériaux inorganiques fonctionnels de l'EPFL Valais à Sion. La postdoc russe Olga Trukhina travaille par exemple sur des moyens astucieux de récupération de métaux dans les déchets électroniques. L'invasion russe en Ukraine a changé sa vie le 24 février 2022.

Olga Trukhina, la guerre en Ukraine a-t-elle affecté votre vie?

Les agissements de la Russie m'ont réveillée. Avec la guerre, les couleurs habituelles de ma vie ont disparu, divisant tout le monde en noir et blanc – anciens camarades de classe, voisins et amies. Ils étaient soit pour, soit contre la guerre. Je n'ai pas réussi à convaincre mes contacts en Russie qu'il s'agit d'une invasion et d'un crime. J'ai compris: je peux mieux aider en donnant de l'argent à des journalistes indépendants et en aidant des réfugiés.

Y a-t-il eu des réactions hostiles?

Non, jamais. Au début, je craignais que les Ukrainiennes me haïssent. Etre Russe aujourd'hui quelque chose de toxique. C'est exactement ce que veut notre gouvernement: que nous pensions être détestées pour que nous opposions au monde. Mon expérience en Suisse et dans le reste de l'Europe est autre: on ne nous hait pas si nous prenons position et agissons au lieu de nous plaindre de la perte de notre vie d'avant. Personne originaire



Olga Trukhina, postdoc russe en chimie à l'EPFL Valais-Wallis, est opposée à la guerre en Ukraine.

d'Ukraine n'a été impoli à mon égard depuis la guerre, mais cela rend les choses pires. Quoi que je fasse, c'est simplement insuffisant.

Ne craignez-vous pas d'exprimer votre opposition publiquement?

Il est trop tard pour la peur – l'appareil autoritaire va nous dévorer, quoi que nous fassions. La question serait plutôt de savoir si je vais retourner en Russie. Oui, je veux revoir ma famille. Mais en tant que scientifique, je ne vois pas d'avenir dans une Russie qui régresse sur le plan technologique. Les experts qualifiés quittent le pays.

Y a-t-il eu un soutien de l'EPFL?

Oui. Il existe une commission spéciale pour le soutien des réfugiés d'Ukraine. Et une rencontre en ligne avec les Russes et la direction de l'EPFL a eu lieu. L'objectif: réduire l'impact de ce terrible conflit sur l'EPFL. Une aide psychologique a aussi été proposée.

Et vos collègues de recherche?

Ma professeure et mes collègues étaient très compréhensifs – ils n'ont pas posé de questions, mais étaient là quand je voulais parler.

Qu'espérez-vous?

Ce n'est vraiment pas le moment pour nous demander, à nous Russes, ce que nous ressentons. Nous devrions écouter les Ukrainiennes. Sur un plan général, j'espère que l'ensemble des Russes opposés au conflit s'uniront contre ce monstre au lieu de débattre de questions telles que la responsabilité individuelle ou collective. J'espère une victoire de l'Ukraine et la liberté en Russie. ff



Nuages noctulescents: rien d'extraterrestre. Photo: Tommy Andersson/EyEm/Alamy

La Nasa à la chasse aux ovnis

Les objets volants non identifiés ont toujours fasciné l'humanité. En juin 2022, la Nasa, l'agence spatiale américaine, a annoncé un programme de recherche destiné à examiner de manière scientifique ces phénomènes inexpliqués. «Nous avons les moyens et l'équipe pour élargir nos connaissances de l'inconnu. C'est ce qui fait fondamentalement la science», indique le Suisse Thomas Zurbuchen, directeur scientifique de la Nasa.

De nombreuses observations d'ovnis réalisées à ce jour ont pu être expliquées a posteriori. Comme exemple tout récent, le chercheur cite à la radio SRF des nuages nocturnes lumineux, visibles lorsque le soleil se trouve loin sous l'horizon. «Il est incroyablement important qu'en tant que scientifiques, nous ayons le courage et le besoin d'aborder toutes les questions de la meilleure façon possible». Pourtant, le projet ne durera que neuf mois et ne coûte que 100 000 dollars. ff

L'étude de populations humaines ne doit nuire à personne

Les éditeurs en chef de Nature ont développé de nouvelles directives pour les études scientifiques de populations humaines. Objectif: veiller à ce que la recherche ne leur nuise pas. Dans son édito du 14 juin 2022, la revue rappelle que la science s'est déjà fixé des règles afin de limiter les risques de dommages psychologiques pour les participantes et participants aux études scientifiques. A l'origine, entre autres: l'expérience de la prison de Stanford, menée en 1971 par le psychologue américain Philip Zimbardo.

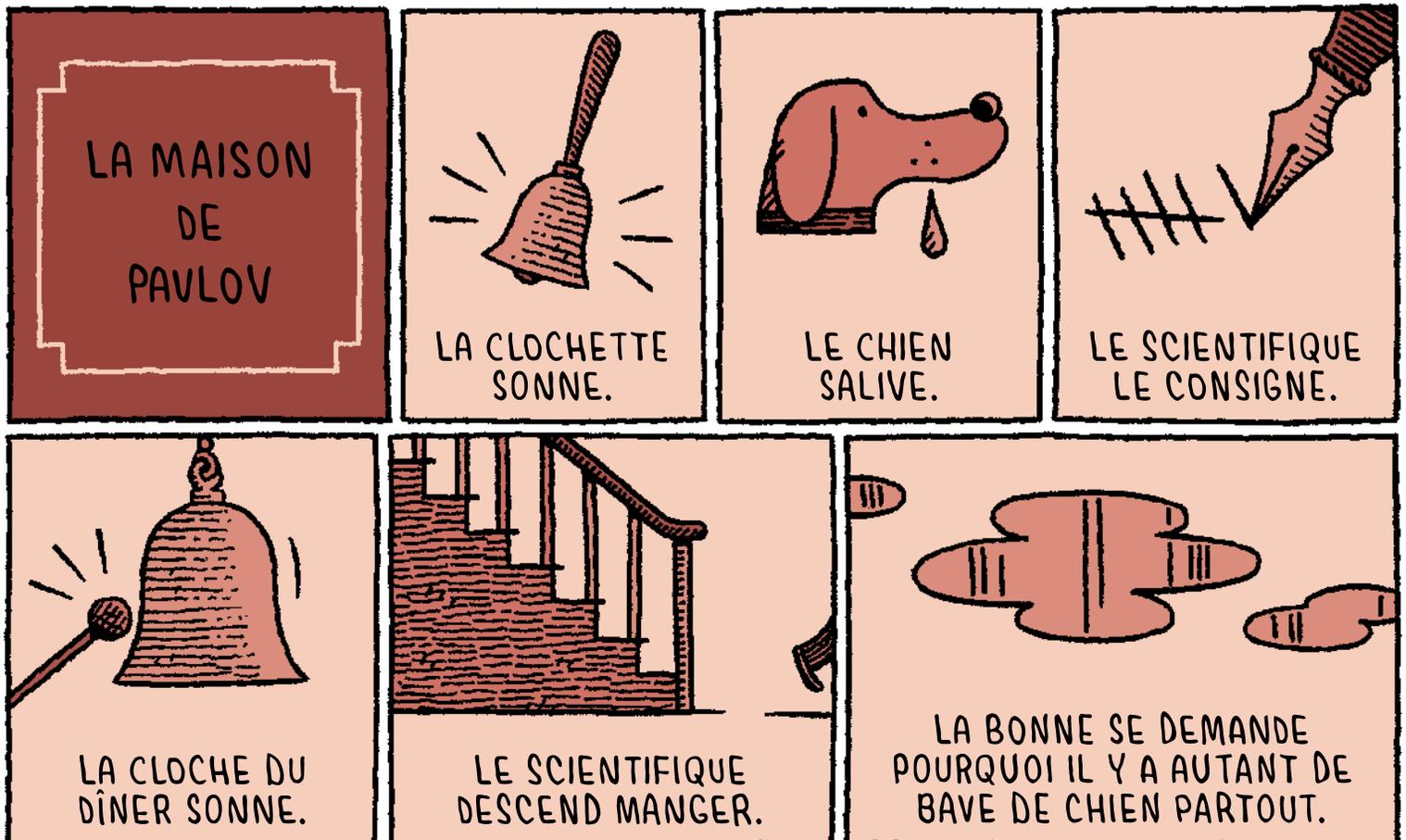
Il existe aujourd'hui plusieurs cadres éthiques qui régissent les études impliquant la participation d'êtres humains. La Déclaration d'Helsinki de 1964 sur la recherche médicale et le rapport Belmont de 1979, qui inclut les études comportementales, en font partie. Mais, note Nature, «ces textes sont en général muets sur les avantages et inconvénients de

la recherche dont les conclusions pourraient affecter des groupes de personnes qui n'y ont pas directement participé». Telles des recherches qui pourraient mener à la stigmatisation, à la discrimination ou au racisme, au sexisme ou à l'homophobie envers certaines personnes. Les nouvelles directives encouragent les parties prenantes à respecter la dignité et les droits des personnes, qu'elles participent directement aux recherches ou pas. Elles demandent de tenir compte des implications potentiellement néfastes de la recherche, de minimiser les possibilités d'utilisation abusive et les risques de préjudices et de privilégier un langage respectueux et non stigmatisant. Et elles ne sont pas censées entraver la recherche humaine, assurent les éditeurs en chef. Mais des voix critiques mettent en garde contre ces directives trop contraignantes qui pourraient nuire à la vérité. ef

Un développeur met en garde contre un bot doué de sentiments

L'ingénieur de Google Blake Lemoine a publié en juin 2022 un entretien avec le programme informatique LaMDA. **Ce bot aurait une conscience équivalente à celle d'un enfant de 7 ou 8 ans**, a affirmé l'ingénieur au Washington Post. L'intelligence artificielle exprimerait notamment sa peur d'être déconnectée. Après la publication de l'article, Blake Lemoine a été suspendu pour **violation de directives de confidentialité** de Google. L'ingénieur avait provoqué un tollé en annonçant que LaMDA avait pris un avocat et en affirmant que **l'IA risquait d'échapper à son instance de contrôle** et de faire «de mauvaises choses». La plupart des experts sont d'avis contraire. Ainsi, Michael Pound de l'Université de Nottingham dit: «**LaMDA est un grand modèle de langage** qui produit de très bons textes, mais il n'est pas capable de sentiments.» ato

Situation d'urgence



Personnalités

Attristé par la fin de son projet



Beat Glogger, fondateur du magazine scientifique online Higgs, est déçu. Après quatre ans, c'est la fin. Dans une interview au magazine en ligne Medienwoche, il revient sur les raisons de cet échec. L'une d'entre elles serait le refus de l'aide aux médias par le peuple aux urnes. Mais ce n'est pas la seule. Selon le journaliste, publier des contenus de haute qualité ne suffit pas. Il eut fallu un important capital de départ en plus. Le magazine a pâti aussi de la baisse du nombre d'abonnements après la pandémie et du retrait de plusieurs sponsors – des pertes financières qui n'ont pas pu être absorbées. Beat Glogger s'est aussi dit déçu du manque de volonté des hautes écoles à s'engager financièrement pour aider à pérenniser le magazine. *ef*

Veut remplacer la viande



Pour **Christian Nils Schwab, directeur de l'Integrative Food and Nutrition Center à l'EPFL**, les protéines alternatives à base d'insectes, de plantes ou de viande de synthèse pour-

raient contribuer à résoudre la crise alimentaire à venir. Le spécialiste, qui développe de nouvelles technologies dans le domaine de la nutrition, met en garde, dans une interview au magazine économique Bilan, contre les conséquences de l'augmentation démographique et celle du pouvoir d'achat. Même si la crise ne se ressent pas encore, nous devrions revoir notre façon de nous nourrir. En Suisse, nous devrions, entre autres, réduire notre consommation de viande à un tiers, soit à 15 kg par an. *ef*

L'arroseuse arrosée



Andrea Franc, historienne de l'économie aux universités de Bâle et de Lucerne, a critiqué dans la NZZ les étudiantes en sciences sociales et humaines, les accusant de mettre trop de temps à obtenir

leurs diplômes, puis de travailler souvent à temps partiel en touchant des prestations sociales. Ce qui mène à une redistribution du bas vers le haut. De plus, dans les séminaires, une personne sur 15 aurait fumé du cannabis et d'autres jouaient sur leur mobile. Les réactions ont été vives. En dix ans à Bâle, elle n'aurait enseigné que deux fois à une trentaine d'étudiants au total, et selon un fact-checking du Tages-Anzeiger, ses affirmations se seraient révélées fausses ou invérifiables quatre fois sur cinq. *ff*

En chiffres

73%

des **scientifiques** approuvent l'introduction de **cours obligatoires d'intégrité scientifique** dans un sondage des éditions Springer Nature Verlag et de l'Académie australienne des sciences.

15
milliards

de livres sterling, c'est la somme que le **gouvernement britannique** investirait dans **son propre programme de recherche** si le Royaume-Uni **n'était pas associé au programme Horizon Europe**, a rapporté Nature News début juin 2022.

1,15%

des **publications scientifiques** provenaient d'**Afrique subsaharienne** en 2018, selon la Banque mondiale – une **augmentation** de 72% depuis 2005. La part du sous-continent dans la population mondiale était de 14% en 2018 et celle de la somme des produits intérieurs bruts de 2%.

1

année

de délai est accordé aux scientifiques aux USA, au Japon et en Corée **pour le dépôt d'une demande de brevet après publication** de leur invention. En Europe, la demande doit être faite avant publication.

Toutefois, selon un sondage de l'Office européen des brevets, peu de scientifiques désirent que cela change.

Bactéries tueuses de virus

Qui barbote dans un lac en partage les eaux avec d'innombrables microbes, dont des entérovirus issus des eaux usées qui peuvent provoquer des **maladies telle la méningite**. Par chance, la plupart d'entre eux sont rapidement détruits, notamment par des protéines issues de bactéries qui découpent l'enveloppe des virus comme le feraient des couteaux. «Pour prédire la sécurité de l'eau, il faut mieux comprendre ces processus», note **Tamar Kohn, spécialiste en sciences de l'environnement** à l'EPFL. Son équipe a donc examiné, dans des échantillons d'eau du Léman, lesquelles des 136 bactéries identifiées éliminaient particulièrement bien les entérovirus dangereux. Ce sont celles dont les **protéines coupantes** font partie des métalloprotéinases et qui pourraient servir d'**indicateurs de la propreté de l'eau**. *yv*

M.-H. Corre et al.: Bacterial matrix metalloproteases and serine proteases contribute to the extra-host inactivation of enteroviruses in lake water. *The ISME Journal* (2022)

Il y a 200 ans au Rigi Kulm



Des touristes arrivent au Rigi au XIXe siècle.

Image: W. H. Vormann (1883)

Service désastreux, mauvais temps, diane au son de la trompette, lever du soleil sensationnel – voilà ce que décrivaient les touristes dans leurs récits de voyage et les registres des visiteurs de l'hôtel Rigi Kulm. Le séjour au Rigi était dépeint exactement ainsi dans un guide de voyage anglais populaire à l'époque, constate Jérémie Magnin de l'Université de Neuchâtel. Il a examiné ces 16 registres dans le cadre d'un projet de numérisation des registres historiques du pays. *yv*

J. Magnin: The Rigi-Kulm visitors' book: questions of authenticity and intertextuality. *Studies in Travel Writing* (2022)



C'est le défrichage massif et non pas le feu qui détruit les forêts de Madagascar. Photo: Christian Kull

Dis-moi où sont passés les arbres

Contrairement aux idées reçues, ce ne sont pas les grands feux les responsables du déclin des forêts à Madagascar, mais principalement les activités agricoles.

«Notre étude est la première du genre à caractériser les régimes d'incendie de l'île et à les comparer aux tropiques globaux en utilisant des données de télédétection par satellite», explique l'auteure principale Leanne N. Phelps, de l'Université d'Edimbourg, qui est parvenue à cette conclusion. L'étude montre entre autres que les zones d'incendie sur l'île sont similaires à presque 90% aux surfaces tropicales brûlées au niveau mondial. Elles n'ont donc rien d'exceptionnel.

Pour la chercheuse, le résultat le plus surprenant de l'étude est que «la perte de forêt plus élevée par rapport aux tropiques globaux n'est pas expliquée par les incendies à grande

échelle». Au contraire: elle est observée dans des zones non touchées par ces phénomènes et s'explique par des facteurs complexes de dégradation qui peuvent augmenter le risque d'incendie. Par exemple, le défrichage actif pour l'agriculture.

Enfin, les incendies de grande ampleur (plus de 21 hectares) provoqués par l'humain le long des limites forêt-savane/prairie, soupçonnés de contribuer à la déforestation rapide de l'île, semblent être mis hors de cause. L'étude démontre en effet qu'ils ont diminué ces vingt dernières années alors que la dégradation des forêts s'est accrue. Et les pertes d'arbres se concentrent de toute façon dans les forêts. *Kalina Anguelova*

L. N. Phelps et al.: Madagascar's fire regimes challenge global assumptions about landscape degradation. *Global Change Biology* (2022)

Du bois de bouleau dans la crème pour les mains

La chimie vient à la rescousse de celles et ceux qui souhaitent se passer de produits à base de pétrole. **L'équipe de recherche de Jeremy Luterbacher** à l'EPFL a développé un **procédé innovant qui extrait la lignine du bois de bouleau en une étape seulement**, l'empêche de former des grumeaux et la rend soluble. Cet **émulsifiant** est inodore et convient à merveille à la production de cosmétiques, comme le prouve une **crème pour les mains élaborée par le laboratoire**. *yv*

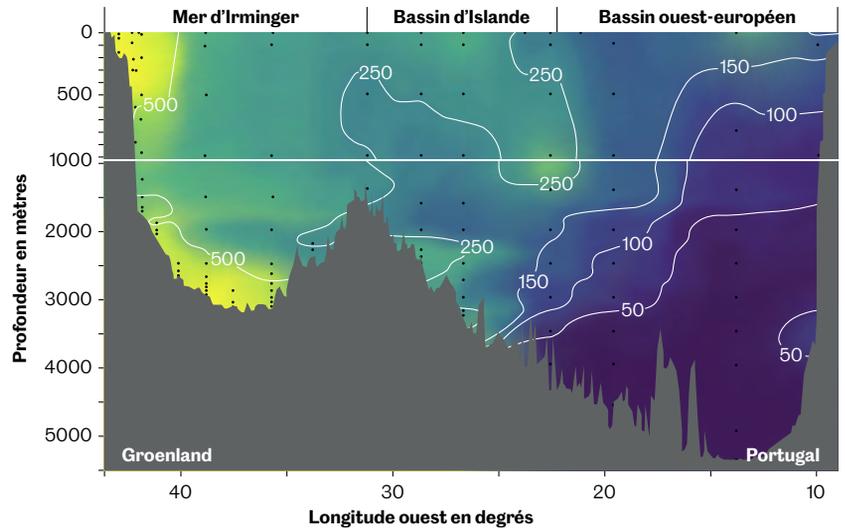
S. Bertella et al.: Extraction and Surfactant Properties of Glyoxylic Acid Functionalized Lignin. *ChemSusChem* (2022)

Pas de langage de bébé chez les singes

Souvent, quand on s'adresse à un enfant en bas âge, on parle automatiquement d'une **voix plus aiguë, plus lentement et distinctement et en utilisant un langage simplifié**. Ce «parler bébé» se retrouve sous des formes variées dans toutes les cultures, car il aide dans l'**apprentissage du langage**. Or, la science ignore encore s'il s'est développé au cours de l'évolution, en même temps que s'est complexifié le langage humain, ou s'il existait déjà avant. «Dans ce cas, on devrait en principe aussi le trouver **chez nos parents vivants les plus proches, les hominidés**», explique la linguiste Sabine Stoll du Pôle de recherche national «Origines et futur du langage». L'**analyse des données déjà existantes** n'a toutefois livré pratiquement aucun indice de l'utilisation d'un langage infantile chez les bonobos, chimpanzés et gorilles. Ceux-ci communiquent rarement directement avec leurs petits. Sabine Stoll suppose que **les bébés singes apprennent le langage principalement par l'observation** de leurs congénères plus âgés. *yv*

J. Schick et al.: The function and evolution of child-directed communication. PLOS Biology (2022)

Point de mire



Courants marins suivis avec l'iode

Depuis les années 1960, de faibles quantités d'iode radioactif arrivent dans l'Atlantique par le **traitement de matériaux nucléaires**. Des chercheurs de l'ETH Zurich en ont tiré parti et **cartographié les courants marins** et les **changements dus au climat** à l'aide de la concentration en iode, de moins de 50 (bleu foncé) à plus de 500 (jaune) millions d'atomes/kg d'eau. Les échantillons (points noirs) ont été récoltés entre le Groenland et la péninsule Ibérique de 2017 à 2019. *yv*

M. Castrillejo et al.: Rapidly Increasing Artificial Iodine Highlights Pathways of Iceland-Scotland Overflow Water and Labrador Sea Water. Frontiers in Marine Science (2022)

La pensée complotiste tout en nuances

La pandémie de Covid-19 a offert un sol fertile aux théories du complot. Si la Suisse fait plutôt partie des pays où les fausses informations peinent plus à s'enraciner qu'ailleurs, une équipe de l'Université de Zurich et de l'institut de recherche Mediapulse a toutefois constaté que plus de 40% de la population étaient favorables aux idées complotistes. Mais «tous n'approuvent pas toutes les idées dans la même mesure», note Daniela Mahl, spécialiste en communication à l'Université de Zurich. Le groupe n'est pas du tout homogène.»

Un sondage en ligne, réalisé dans le cadre du Baromètre scientifique suisse, a permis d'identifier six types de sympathisants. Le sondage visait à connaître les connaissances et

l'attitude à l'égard du coronavirus de près d'un millier de personnes. Le groupe le plus radical, et aussi le plus important, est celui des croyants extrêmes: une personne sur dix croit non seulement que le nombre de décès a été exagéré, mais peut aussi bien s'imaginer qu'une élite a planifié la pandémie et que le virus n'existe pas. A l'extrême la plus modérée, on trouve les cyniques du battage médiatique et celles du profit: les deux ne sont guère favorables aux convictions extrêmes du premier groupe, mais les cyniques du battage médiatique pensent que la

pandémie a été exagérée, tandis que pour les cyniques du profit certains milieux profitent de la crise et ont intérêt à ce qu'elle se prolonge. «Une telle compréhension de la situation aide

«Tous n'approuvent pas toutes les idées dans la même mesure.»

à orienter les stratégies de communication de façon plus ciblée», note Daniela Mahl. Les extrémistes sont peu réceptifs aux explications diffusées à la télévision ou dans les journaux. Ils consomment les médias établis mais s'en méfient. Toutefois, leurs personnes de confiance ainsi que des groupes plus éloignés peuvent être atteints de cette façon. Les théories du complot peuvent avoir des conséquences graves pour la santé publique. Les personnes qui y croient considèrent en général les mesures préventives comme le port du masque, la distanciation sociale et la vaccination comme exagérées ou inutiles. *Ümit Yoker*

M. S. Schäfer et al.: From Hype Cynics to Extreme Believers: Typologizing the Swiss Population's COVID-19-Related Conspiracy Beliefs, Their Corresponding Information Behavior, and Social Media Use. International Journal of Communication (2022)



Bouquetins: diversité génétique en berne

Victime de la chasse intensive il y a deux cents ans, le bouquetin des Alpes frôlait l'extinction – il n'en restait plus qu'une centaine de têtes. Aujourd'hui, on en compte 50 000, mais sa diversité génétique a diminué. Seules deux lignées maternelles sur douze au moins subsistent, montre la comparaison entre 60 échantillons d'ADN modernes et 15 échantillons d'antan. «Malgré cet appauvrissement génétique, l'espèce se porte bien», affirme Christine Grossen de l'Université de Zurich. Une maladie où les changements climatiques pourraient toutefois avoir des conséquences négatives. *yv*

M. Robin et al.: Ancient mitochondrial and modern whole genomes unravel massive genetic diversity loss during near extinction of Alpine ibex. *Molecular Ecology* (2022)

Les élèves aiment le dialogue en classe

«Pour bien fonctionner, l'enseignement oral suppose un véritable dialogue entre la personne qui enseigne et sa classe», affirme la didacticienne Christine Pauli de l'Université de Fribourg. «Les capacités cognitives sont alors activées.» **La participation des élèves se limite malgré tout** souvent à des mots clés. Car pour mener de véritables discussions, le personnel enseignant doit s'entraîner. Dans le cadre d'un projet pilote, neuf enseignantes et enseignants ont reçu une formation composée de plusieurs ateliers, de pratique **et d'un coaching**. Grâce à cela, en une année, la participation active de leurs élèves aux discussions a nettement progressé. Christine Pauli et son équipe veulent maintenant développer la méthode pour la formation continue du corps enseignant. *yv*

M. Moser et al.: Student's vocal participation trajectories in whole-class discussions during teacher professional development. *Learning, Culture and Social Interaction* (2022)

Moins d'erreurs dans les logiciels

Les nouvelles lignes de code ajoutées aux logiciels doivent être contrôlées. La procédure, appelée «revue de code» (ou «code review»), requiert un effort intellectuel, du temps et coûte cher. Effectuer ce travail exige en effet de s'orienter dans plusieurs centaines de lignes de code source. Une étude de l'Université de Zurich montre que des listes de contrôle peuvent rendre cette recherche plus efficace.

«Dans la recherche pour le développement de logiciels, les check-lists sont considérées comme une possibilité de réduire la charge cognitive pendant la revue de code», explique Pavlína Wurzel Gonçalves, psychologue du travail. «Jusqu'à présent, cela n'avait pas été scientifiquement démontré.» La charge cognitive décrit à quel point notre mémoire de travail est sollicitée à un moment donné. Elle est liée à la complexité de la tâche, au savoir-faire ainsi qu'à la présentation des informations. Lorsque la capacité maximale de la mémoire de travail est dépassée, la qualité de la vérification du code diminue.

L'étude de Pavlína Wurzel Gonçalves a examiné comment la charge cognitive pouvait être allégée par des outils d'assistance. Pour ce faire, les 70 participantes et participants char-

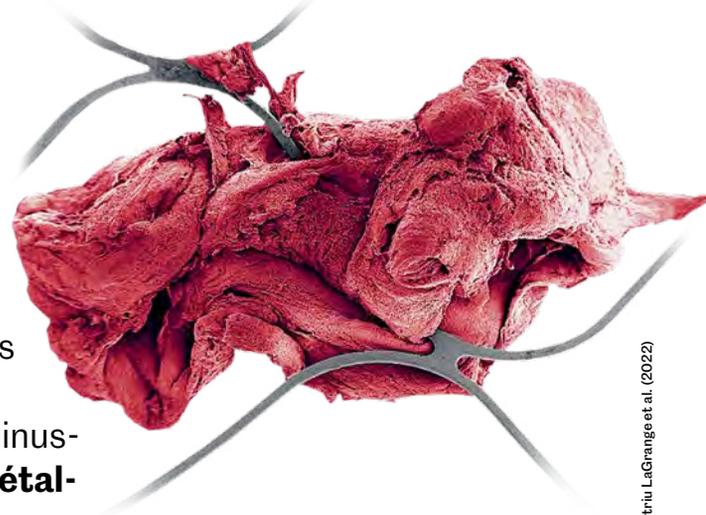
gés de réviser des codes simples et complexes ont reçu une check-list assortie d'une marche à suivre, d'une check-list simple ou de pas de liste du tout. Les scientifiques ont constaté que les personnes inexpérimentées trouvaient plus d'erreurs dans un code simple lorsqu'elles pouvaient se baser sur une liste systématique qui les guidait pas à pas sur ce qui devait être vérifié, où et quand. «Mais dans le cas d'une tâche complexe, la liste de contrôle guidée n'améliore pas l'efficacité car elle limite le mode opératoire individuel, note Pavlína Wurzel Gonçalves. Si la personne peut naviguer elle-même dans le code, le résultat de la revue de modifications complexes est meilleur.»

Comme les participantes et participants étaient inexpérimentés en matière de révision de code, d'autres études doivent maintenant clarifier quels outils peuvent alléger la tâche de révision de code. Une chose est sûre: il n'existe pas d'outil pour tous les cas, car «l'outil varie selon la complexité du code», note la chercheuse. *Stéphanie Hegelbach*

P. Wurzel Gonçalves et al.: Do explicit review strategies improve code review performance? Towards understanding the role of cognitive load. *Empirical Software Engineering* (2022)

Caillot sanguin pris au filet

Un **grumeau insignifiant** a causé un accident vasculaire cérébral. Des médecins l'ont retiré de l'artère bouchée à l'aide d'un minuscule **tube en treillis métallique (stent)**. Cela a **augmenté les chances de guérison**. Daniela Dumitriu LaGrange de l'Université de Genève a **analysé plusieurs caillots sanguins au microscope électronique**. Résultat: leur forme et leur composition décident s'ils resteront pris dans les mailles du stent et si cette méthode est efficace. *yv*



D. Dumitriu LaGrange et al.: A high resolution scanning electron microscopy analysis of intracranial thrombi embedded along the stent retrievers. *Scientific Reports* (2022)

Sauver des vies grâce à des gènes frais

Les thérapies géniques ont longtemps séduit, mais souvent échoué. Or, les voilà: des spin-off et des entreprises pharmaceutiques sont à la pointe de leur application. Etat des lieux.

Texte Florian Fisch Illustration Ikonaut



C'est un vieux rêve: remplacer des gènes défectueux par des variantes saines. Pour ce faire, un nouveau gène doit arriver jusqu'au patrimoine génétique de la cellule. C'est en général réalisé grâce à un virus dont on remplace les gènes et qui remplit sa tâche de manière très ciblée. A ce jour, on compte trois formes de ces thérapies:

A - Lymphocytes anticancer

Quand les options de traitement de la leucémie sont épuisées, reste un espoir: les cellules immunitaires (lymphocytes T) d'une patiente peuvent lui être prélevées et dotées d'un récepteur artificiel CAR qui reconnaît alors les cellules malignes. Les cellules CAR-T sont réinjectées pour détruire les néfastes. Novartis et Janssen-Cilag vendent ce type de traitement sous les noms de Kymriah et Carvykti.

B - Réparation de neurones

Quand les neurones qui commandent les muscles en perdent le contrôle suite à des mutations, cela mène à une atrophie musculaire et, souvent, au décès prématuré. Le spin-off Avrion Therapeutics de l'EPFL et Novartis ont, chacun, développé un traitement pour compenser les gènes défectueux dans la sclérose latérale amyotrophique (SLA) et l'atrophie musculaire spinale. Le premier est encore en phase d'évaluation. Le second (Zolgensma) est déjà sur le marché. Pour des neurones déficients dans la rétine (amaurose congénitale de Leber), il existe un traitement analogue: le Luxturna (Roche).

C - Cellules visuelles remplacées

Dans la dégénérescence maculaire ou la rétinite pigmentaire, les cellules visuelles rétiniennes perdent leur fonction. Avec un nouveau gène, un institut de l'Université de Bâle a rendu d'autres cellules rétiniennes sensibles à la lumière pour redonner une certaine capacité visuelle au patient. Repris par Novartis, le spin-off Arctos Medical de l'Université de Berne a développé une méthode analogue.

Démarrage au beau milieu d'une scène inquiétante: la science nous apprend la peur au cinéma. Et les films défient les scientifiques. Caméra braquée sur cette relation complexe.

Sur le plateau de tournage

Les scènes clés de la production de science-fiction «Electric Child» du réalisateur Simon Jaquemet ont été tournées durant l'été 2022. Le photographe Michel Gilgen a mis ce tournage en lumière. Cela en se concentrant toujours sur les moments où narration et recherche interagissent. A droite, nous regardons à l'intérieur d'un serveur. L'informaticien Sonny peut s'y rendre au cours de l'action et interagir avec l'intelligence artificielle qui s'y trouve.

Photo: Michel Gilgen



Jusqu'où la science insuffle de l'authenticité aux films

Les équipes de tournage sont souvent conseillées par des scientifiques, car le public attend de l'authenticité. Comment le vivent-elles? Qui l'emporte en cas de doute? Le bon dosage entre exactitude et divertissement.

Texte Geneviève Ruiz

Des théologiens, des historiennes, des spécialistes de l'art ou des religions: plus d'une dizaine d'experts et d'expertes ont été consultées par la scénariste Simone Schmid et le réalisateur zurichois Stefan Haupt pour le film «Le Réformateur». Sorti en 2019, il retrace le parcours d'Ulrich Zwingli à partir de son installation à Zurich en 1519 jusqu'à sa mort lors de la bataille de Kappel en 1531. «Je souhaitais présenter un portrait qui soit le plus proche possible des sources historiques, tout en dépeignant l'esprit de cette époque et les tensions qui la traversaient, raconte Stefan Haupt. J'ai aussi rencontré des pasteurs, visité des monuments. Ce travail était essentiel pour moi, car je ressentais une responsabilité de produire un film qui tienne compte des connaissances actuelles.»

De son côté, Simone Schmid, l'auteure du scénario, s'est plongée dans de nombreuses lectures, allant des études récentes sur Zwingli à sa correspondance. Elle a notamment effectué un gros travail sur le personnage d'Anna Reinhart, l'épouse de Zwingli. «Il fallait restituer son caractère à partir de peu de sources. J'ai pour cela consulté des spécialistes des femmes durant l'époque de la Réforme. Grâce à leurs connaissances, nous avons pu reconstituer un personnage plausible. C'est-à-dire une femme qui ne participait pas activement aux débats théologiques de son mari, mais qui était capable de se forger une opinion et de l'exprimer.» Les lectures et les échanges avec les scientifiques ont nourri l'inspiration de la scénariste. «On passe ensuite par une sorte de processus de distillation pour en faire un scénario. Cela implique de renoncer à de nombreux éléments, de simplifier des faits et parfois de les ajuster aux contraintes de la dramaturgie, de la produc-

tion, du budget...» Stefan Haupt explique avoir renoncé à l'idée de reconstituer un cimetière autour du Grossmünster de Zurich puisque la logistique nécessaire aurait été au-dessus de ses moyens financiers. «J'ai en revanche fait retirer les bancs de l'église au prix de gros efforts pour pouvoir y filmer la foule assistant à la messe debout, comme c'était le cas à l'époque.»

Le film est au final le résultat d'un travail collectif impliquant différents corps de métier limités par les contraintes qui leur sont propres. Un univers éloigné de celui des chercheuses et chercheurs. Théologienne à l'Université de Berne et pasteure, Rebecca Giselsbrecht s'est particulièrement intéressée à la figure d'Anna Reinhart. Elle a eu un entretien avec Simone Schmid et a été ravie de ce contact. «Elle voulait savoir dans les moindres détails ce qui se passait dans la tête de Zwingli et de sa femme, jusqu'aux précisions relatives à leur sexualité. J'ai trouvé ses questions intéressantes et inspirantes. Nous ne venons pas du même monde et j'étais d'accord de partager mes connaissances sans savoir exactement ce qu'elle allait en faire. J'ai dû lâcher prise.»

L'historien appréhendait de voir son nom au générique

L'historien spécialiste du XVI^e siècle Reinhard Bodenmann a pour sa part quelque peu hésité lorsque Stefan Haupt l'a contacté. «Principalement parce que j'avais déjà beaucoup de travail. Certains collègues m'avaient dit de surcroît que ce film n'allait peut-être pas être bon. J'ai tout de même commencé à lire le scénario. J'ai trouvé qu'il avait du potentiel. C'est la raison pour laquelle j'ai accepté le défi.» Il passe alors plus de 75 heures à relire et à annoter le script: «On y trouvait des ana-

«Alien», chef-d'œuvre monstre de la science-fiction

Un équipage spatial attaqué par une créature arachnide qui pénètre dans les corps humains pour se reproduire: le **monstre mythique dans le film «Alien» de Ridley Scott** a été créé par le **plasticien suisse Hans Ruedi Giger** en 1979 sans **que celui-ci ne revendique une quelconque** cohérence scientifique. Pourtant, selon le paléontologue au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) Jean-Sébastien Steyer, qui a coécrit le livre «L'Art et la Science dans Alien», le monstre est tout à fait réaliste du point de vue des sciences: **«Cet organisme est fonctionnel biologiquement parlant**, aussi bien au niveau de son mode de développement que de ses différents types de locomotion et de son comportement.»

Et qu'en est-il de son mode de reproduction complexe? Elle commence par un œuf, duquel sort le Facehugger qui s'accroche au visage de l'hôte, puis pénètre son corps pour s'y développer «Il est présent chez de nombreux insectes, comme certaines guêpes.»

Et le sang jaune et acide d'Alien est-il plausible? «La couleur de ce fluide vital évoque l'hémolymphe des insectes. **Quant à l'acidité de ce sang, elle soulève des questions**, même si des fluides acides existent réellement: ce sang est-il acide dans son système vasculaire, qui doit alors être particulièrement résistant, ou devient-il acide au contact de l'air?»

Sur la question de savoir si «Alien» pourrait trouver **une place dans l'arbre du vivant**,

Jean-Sébastien Steyer répond encore positivement: «Avec une telle mosaïque de caractères à la fois d'arthropodes – son développement d'insecte – et de tétrapodes – ses bras, jambes et vertèbres, je classerais «Alien» à la base du grand clade comprenant les **arthropodes et les vertébrés.**» **Pour le paléontologue, la créature de Hans Ruedi Giger représente un chef-d'œuvre de la science-fiction:** «L'alien concentre les traits les plus repoussants de la biodiversité actuelle et fossile. Cela en fait **un monstre original et puissant, car hyperréaliste.**»

chronismes, telle cette scène où le fils d'Anna est bouleversé par la mort d'un oiseau. Or la mort d'un animal ne suscitait pas au XVI^e siècle les mêmes réactions qu'aujourd'hui.» L'historien explique avoir souhaité transmettre à l'équipe du film une certaine méthodologie de travail et avoir cherché à l'introduire aux modes de pensée du XVI^e siècle, afin qu'elle ne projette pas sa sensibilité sur les personnages et les dialogues d'antan.

«J'avoue avoir été anxieux avant de découvrir le film au cinéma, confie Reinhard Bodenmann. Je ne savais pas si le cinéaste et l'auteure du script avaient tenu compte de mes remarques. J'étais bien conscient qu'un film historique relèverait forcément du roman et qu'il ne s'agissait pas d'un documentaire historique. Mais j'avais peur de voir apparaître mon nom au générique d'un film truffé d'erreurs.» A la fin des deux heures et quinze minutes de projection, l'historien était toutefois soulagé: «Les cinéastes ont fait un magnifique travail, le résultat est cohérent et ils ont trouvé d'excellents compromis. Je leur donne un 5,9 sur 6, parce qu'il y a forcément des petits détails qui auraient pu être améliorés, tel ce 'Hallo!' (expression apparue seulement au XIX^e siècle, ndlr.), qui aurait facilement pu être remplacé par un 'Gruezi!' Stefan Haupt a réussi le pari difficile de faire plonger le public cinq cents ans en arrière, de ne se prononcer ni pour ni contre la Réforme, et de ne pas avoir fait de Zwingli une figure hagiographique.»

De son côté, Rebecca Giselbrecht ne tarit pas d'éloges sur le film: «Il permet à un large public d'avoir un aperçu de ce qu'a été la Réforme. Il a été apprécié par la majorité de mes collègues, aussi bien scientifiques que pasteurs.»

Stefan Haupt et Simone Schmid, qui se sont vu décerner un doctorat honorifique par l'Université de Zurich pour l'excellence de leur travail, ont été ravis de l'accueil réservé à leur film par les spécialistes, même si certaines voix se sont montrées critiques à l'égard des costumes ou du langage. Simone Schmid concède bien comprendre qu'il n'est pas facile pour un scientifique de collaborer avec une cinéaste: «Il faut qu'il ait une certaine ouverture d'esprit et qu'il essaie de comprendre comment on fabrique un film. Surtout, il faut qu'il soit sincèrement motivé par cette collaboration, sinon cela ne fonctionne pas.»

Précision scientifique dans une fiction assez folle

Ce n'est pas Andreas Steiner, chercheur spécialisé en intelligence artificielle, qui la contredira. Il collabore actuellement avec le réalisateur zurichois Simon Jaquemet au film «Electric Child», dont la sortie est prévue fin 2023. Une saga de science-fiction qui plonge dans l'univers d'un professeur d'informatique concluant un pacte avec un personnage d'intelligence artificielle pour sauver son fils malade. «Je suis ravi de pouvoir aider à ce que le film gagne en qualité. J'aimerais qu'il soit agréable à regarder, même pour des scientifiques.» Cela fait plusieurs semaines qu'Andreas Steiner s'entretient régulièrement avec le réalisateur. «Ces échanges sont agréables car il a d'excellentes connaissances en informatique et son script est bon. Il est ouvert et comprend vite. Mon rôle est véritablement celui d'un conseiller.»

Pour Simon Jaquemet, faire appel à une conseillère scientifique est crucial: «Je suis un geek et j'ai un bon niveau de connaissances en informatique. Mais je reste un amateur... Et je veux que mon film soit le

«Le Seigneur des Anneaux», une météorologie réaliste dans un monde fantastique

Le climatologue britannique Dan Lunt a publié sa première étude sur le **climat de la Terre du Milieu** en 2013, juste avant la sortie de «La Désolation de Smaug», deuxième film de la trilogie «Le Hobbit», basée sur le **roman de John Ronald Reuel Tolkien**. Spécialiste des anciens climats de la Terre, il a nourri un simulateur météorologique avec des données issues de cartes détaillées de la Terre du Milieu: des données physiques telle la position des continents ou l'altitude moyenne ont permis d'obtenir les quantités de précipitations, l'incidence solaire, la concentration de CO₂ ou les types de vents.

Résultat? «**Le monde de Tolkien était crédible d'un point de vue météorologique.**

Les climats obtenus par simulation correspondent à certaines régions du monde.

Los Angeles et l'ouest du Texas sont par exemple des régions climatiquement proches du Mordor, chaudes et arides. Les régions où vivent les Hobbits, avec beaucoup de précipitations, ont un climat similaire à celui du Lincolnshire en Grande-Bretagne, ou de la ville de Dunedin, dans l'île du sud de la Nouvelle-Zélande.»

Mais à part prouver la précision physique du monde créé par Tolkien, quel était l'objectif de Dan Lunt avec ces simulations? «D'un point de vue scientifique, c'est toujours intéressant de tester nos modèles, même avec des données issues d'une fiction. Mais je souhaitais

surtout **intéresser le grand public à mon travail**. Et cela a plutôt bien fonctionné, nous avons eu des articles dans le monde entier.» Suite à ce succès, Dan Lunt a approfondi son travail et contribué au livre «Tolkien et les sciences», à paraître cette année. Il s'est également attelé à modéliser le climat des différents royaumes de «Game of Thrones». «C'était un défi plus intéressant, scientifiquement parlant. Car pour simuler l'hiver permanent, nous avons dû modifier l'axe de la Terre.»

«Un film peut vite paraître naïf»

L'entreprise allemande The Dox réunit industrie du cinéma et scientifiques. Son cofondateur, Pablo Hagemeyer, explique la collaboration pour des scènes à l'hôpital.

plus réaliste possible, car le public attend cela.» Outre Andreas Steiner, il a aussi collaboré avec un médecin pour décrire les symptômes de la maladie dont est atteint le fils du protagoniste. «Nous devons intégrer un maximum de connaissances avant le tournage. Après, nous n'avons plus le temps pour rien.» Cette précision scientifique, Simon Jaquemet la souhaite-t-il aussi dans un but pédagogique? «Ce n'est pas l'objectif premier du film, qui est une fiction assez folle. Mais si j'arrive à ne pas transmettre d'erreurs grossières ou gênantes, c'est mieux. Ensuite, certains développements d'intelligence artificielle qui sont décrits pourraient être réalistes dans le futur. Alors si cela provoque des discussions chez les scientifiques ou dans le public sur les enjeux autour du développement de l'intelligence virtuelle, je serai heureux.»

L'ambition est forcément plus modeste que pour de grosses productions comme «Interstellar». Réalisé en 2014 par l'Anglo-Américain Christopher Nolan, ce film a mobilisé des équipes entières de scientifiques afin d'obtenir les images les plus précises jamais créées d'un trou noir en rotation. «Lorsque de telles équipes travaillent sur un sujet, il n'est pas étonnant que leurs résultats puissent influencer d'autres scientifiques», observe Andreas Steiner.

En ce qui concerne la vie de Zwingli, si le film «Le Réformateur» n'a pas directement influencé le travail des spécialistes, il a suscité des débats au sein de la communauté scientifique. Et au vu de son succès en salle, notamment en Suisse alémanique, il a permis au grand public d'en savoir plus sur les événements zurichoïses du XVI^e siècle.

Geneviève Ruiz est journaliste indépendante à Nyon.

Pablo Hagemeyer, pourquoi The Dox doit-il exister?

Les équipes de production de films ou de séries TV font appel à notre réseau de scientifiques pour faire en sorte que le scénario, les dialogues, mais aussi le décor ou les gestes des acteurs ne contiennent pas d'éléments incohérents ou incorrects. Parce qu'un film peut vite paraître stupide ou naïf lorsqu'il y a trop d'erreurs. C'est particulièrement le cas dans le domaine médical, pour lequel nous avons le plus de demandes.

Comment intervenez-vous durant les tournages?

Lorsqu'on représente un milieu hospitalier, il faut être précis pour être crédible. Les gestes du chirurgien ou ses outils doivent être corrects. Il faut placer des éléments symboliques comme des stéthoscopes ou des documents médicaux à des endroits plausibles. Et organiser une salle d'urgence de manière à ce que toute l'équipe de production puisse y trouver sa place. Cela ne s'improvise pas.

Quelles sont les motivations des scientifiques qui participent aux tournages?

En tout cas, pas l'argent! Je dirais que c'est le partage de leurs connaissances. Et le plaisir, voire l'excitation de participer à un processus de création collectif comme un film. Cela enrichit leur vie de scientifique.

«Premier Contact»: complexité linguistique lors de la rencontre avec des extraterrestres

Douze vaisseaux extraterrestres atterrissent à différents endroits du monde. Le but de leurs occupants échappe à l'armée américaine, qui recrute une **experte en linguistique, Louise Banks**, pour **établir le contact avec ces heptapodes** communiquant par écrit en expulsant un liquide de leur main pour former des anneaux complexes. Dans un passage clé du film «Premier Contact» de Denis Villeneuve (2016), elle écrit sur un grand tableau la phrase «Quel est votre but sur Terre?» La linguiste décortique alors la phrase et en montre la complexité. «Celle-ci se compose de mots au sens peu évident – pronom interrogatif «quel», préposition «sur» – et se caractérise par des relations grammaticales entre

mots et par des références: l'une à la Terre, l'autre aux extraterrestres eux-mêmes à travers le possessif «votre» », explique Frédéric Landragin, directeur de recherche au CNRS, spécialisé en linguistique et en traitement automatique des langues et auteur de «Comment parler à un alien?»

Pour le linguiste, le personnage de Louise Banks est crédible, tout comme ses explications. **«On est loin des films caricaturaux** où les extraterrestres parlent couramment l'anglais ou apportent un traducteur automatique universel qui permet un dialogue immédiat. Ici, on assiste aux **réserves de l'experte sur la possibilité d'une méthode rapide de communication**. Qui plus est, on voit son équipe en

train de travailler, on observe leurs essais et leur progression. Le film me semble exemplaire de ce point de vue.» Frédéric Landragin émet toutefois une réserve par rapport au fait que «Premier Contact» fasse l'impasse sur l'apprentissage des mots qui désignent des objets non présents dans le vaisseau spatial: «L'intégralité des échanges se fait dans une salle sombre et vide. Louise Banks se désigne elle-même, la référence à un individu, et on voit également Ian Donnelly, son acolyte physicien, mimer l'action de marcher, la référence à une action. Mais **on ne voit pas comment expliquer le mot «but», c'est la référence à un concept abstrait**. Forcément, c'est bien plus délicat...»



Dans le monde du jeu d'«Electric Child» vit également un enfant. Son avatar est incarné par une jeune actrice. Elle s'entraîne ici à jouer des scènes dans un monde virtuel. Photo: Michel Gilgen



Petite galerie d'archétypes de la culture populaire

Des millions de personnes regardent les blockbusters. Les clichés qu'ils véhiculent façonnent la vision du public, y compris celle qu'il se fait des scientifiques, généralement de sexe masculin. Une classification.

Texte Roland Fischer

1 Le savant fou classique

Dans cette catégorie, pas plus de finesse psychologique que de bonnes intentions qui ont mal tourné. Comme son nom l'indique, le savant fou classique est pris de démente, ce qui s'exprime, d'un côté, par son génie exacerbé et, de l'autre, par une volonté de dominer le monde ou par des tendances sadiques.

C'est pourquoi les savants fous constituent les antagonistes idéaux des super-héros, à l'image d'Otto Octavius et de ses tentacules robotiques dirigés par l'IA dans «Spider-Man» ou de Poison Ivy, l'hybride mi-femme mi-plante dans «Batman & Robin». Le genre a un problème dramaturgique fondamental: qui voudrait défier des héros ou des héroïnes qui, dès le départ, sont supérieures à tout le monde? La tension ne vient que lorsqu'un savoir technique et scientifique permet de disposer de super-pouvoirs. C'est pourquoi il ne faut pas se méprendre sur le rôle du savant fou et y voir une forme de diffamation. Il représente bien plutôt l'adoubement des possibilités de la science et de la technique. Et, simultanément, ces figures malfaisantes constituent une des meilleures illustrations de la responsabilité inhérente à ce pouvoir qu'on trouve dans la culture populaire.

2 Le bricoleur de génie

Large catégorie. Partant des ingénieurs de grande classe de Jules Verne – voyez le capitaine Nemo, génie de la construction sous-marine –, ces inventeurs sont devenus toujours plus excentriques. Nous pensons ici notamment à Emmett Brown (Doc), le créateur hirsute de la machine à voyager dans le temps de «Retour vers le Futur». Depuis, l'image de ces génies techniques oscille entre doux délire et type cool qui a toujours une solution en réserve – tels Beam-me-up-Scotty, l'ingénieur en chef et pilier technique du vaisseau Enterprise de «Star Trek» ou Q, l'infatigable inventeur de gadgets pour James Bond.

Toutefois, au cinéma, les ingénieurs sont toujours restés dans l'ombre des scientifiques et leur potentiel narratif est terne. Les femmes et les hommes qui font ce genre de travail dans la réalité ne se plaindront d'ailleurs pas qu'Hollywood concentre ses critiques sociétales sur les protagonistes de la recherche fondamentale plutôt que sur les responsables des applications techniques concrètes. Mais les choses ont commencé à changer: depuis que cette catégorie s'est élargie aux nerds et hackeuses du cyberspace, il y va souvent des questions éthiques posées par la technique à son utilisation correcte et sur le fait de savoir qui détient le pouvoir sur les machines. Et ici apparaissent enfin quelques femmes ingénieures ou plutôt programmeuses, la plus connue d'entre elles étant probablement Lisbeth Salander de la trilogie policière «Millénium». Ce n'est pas encore un premier rôle, mais pas loin – un peu comme dans les entreprises de technologie.

3 Le savant paumé

C'est le cliché basique: l'intellectuel paumé et sa tour d'ivoire, le nutty professor – incarné de manière irrésistible par Jerry Lewis dans la comédie «Docteur Jerry et Mister Love». Certes attachant par sa gaucherie, mais dépassé par tout ce qui est physique et plutôt dépourvu de tout sex-appeal. Son modèle est le professeur Rath, séduit par l'Ange bleu Marlene Dietrich et totalement dépassé aussi.

Eva Flicker, sociologue viennoise, identifie sa version féminine dans la vieille fille intéressée que par son travail qui néglige son apparence, comme la doctresse Constance Petersen dans «La Maison du docteur Edwardes» d'Hitchcock. Souvent, elle est «sauvée» par un homme: le vilain petit canard devenu cygne y perd son brio intellectuel.

4 L'apprenti sorcier redouté

C'est peut-être la plus ancienne représentation de la science en fiction: l'hubris. Comme l'écrivait déjà Goethe à la fin du XVIIIe siècle dans «L'Apprenti Sorcier»: «Les esprits que j'évoquai, je ne puis m'en défaire.»

Devenue mythique à l'époque du cinéma muet avec le docteur Frankenstein et le créateur d'androïdes Rotwang dans «Metropolis», la figure du chercheur mégalomane dont le travail mène à la catastrophe a connu nombre d'actualisations. Les fans de science-fiction penseront à «Westworld» où des androïdes tentent de se révolter, et les amatrices de blockbusters à «Jurassic Parc». Apparemment, les femmes échappent à cette hubris, en tout cas dans l'imagination des scénaristes.

5 La lanceuse d'alerte ignorée

Une catégorie qui a elle aussi une longue histoire au cinéma où, régulièrement, des scientifiques échouent à alerter la société d'une catastrophe imminente. Ces cassettes en savent certes bien plus que tout le monde, mais personne ne les écoute – et surtout pas la politique qui les invite volontiers à s'exprimer, mais préfère balayer leurs mises en garde ou se fier d'emblée aux militaires.

Un problème récemment illustré de belle manière dans le polémique «Don't Look up» où le professeur de physique Randall Mindy et sa doctorante Kate Dibiasky préviennent en vain de la chute d'une météorite, ce qui a en général été interprété comme une allégorie de la situation de la science climatique. Le rôle du prophète ignoré en cette époque de menace de crise climatique a été incarné récemment de manière plus concrète par Jack Hall dans le thriller «The Day after Tomorrow» qui, pour des raisons dramatiques, procède à une étrange accélération et inversion du changement climatique et laisse le monde geler en quelques heures. Ici, la mise en garde arrive de toute façon trop tard.

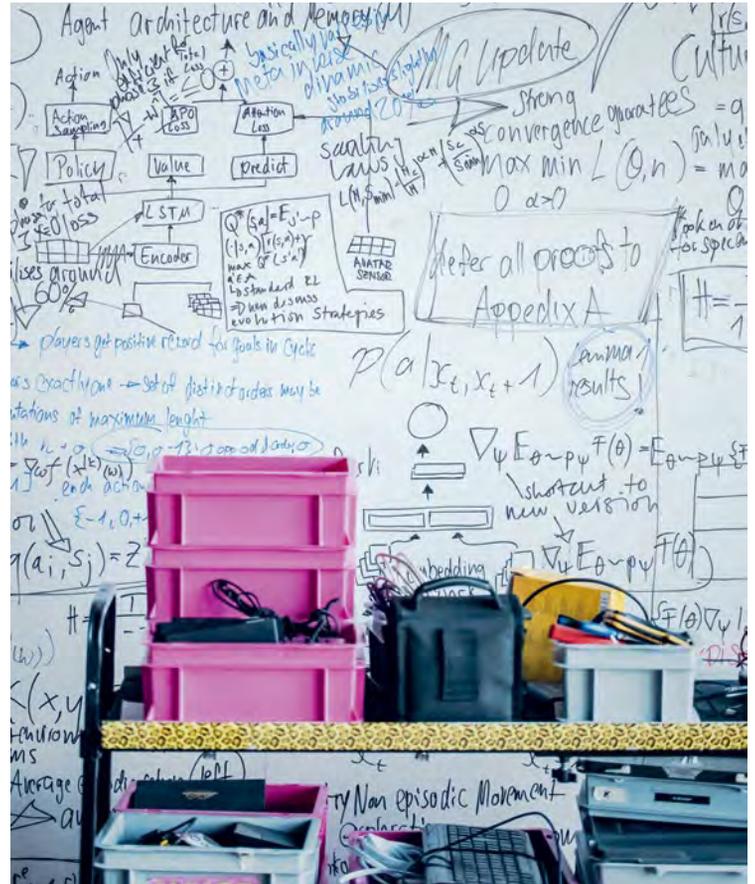
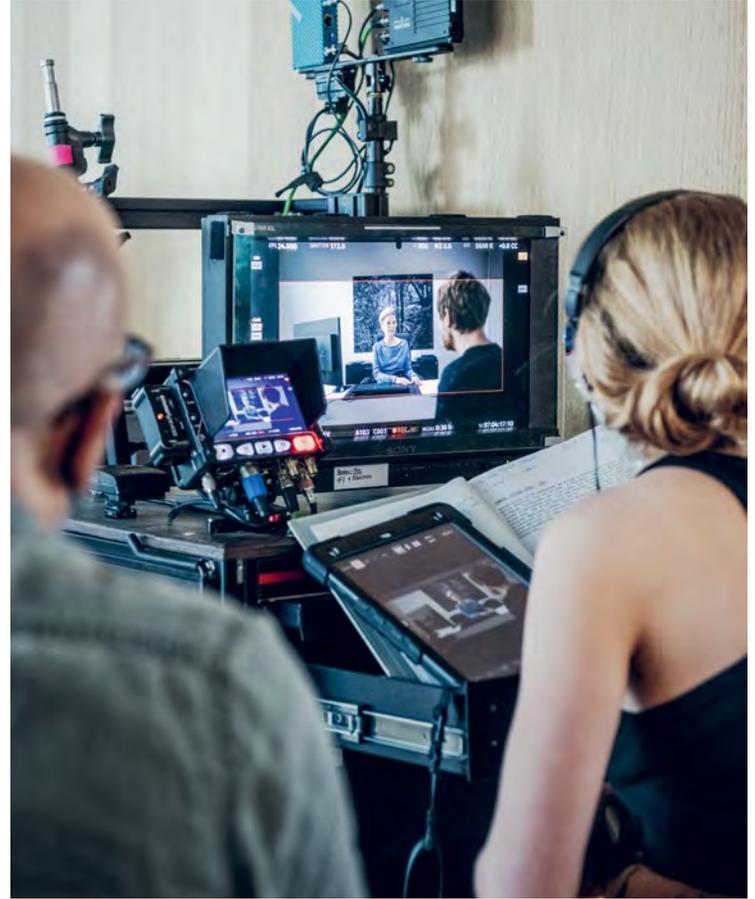
6 L'aventurière smart

Le chercheur paumé plutôt désavantagé a aussi son antithèse – le bourreau des cœurs, l'aventurier, le héros smart et séduisant. Son incarnation la plus iconique est Indiana Jones, l'archéologue qui joue du fouet et affronte aussi bien les malédictions des tombeaux que les nazis sans scrupule. Mais Hitchcock avait lui aussi imaginé de tels rôles: dans «Le Rideau déchiré», le physicien Michael Armstrong surmonte diverses épreuves en Europe de l'Est – avec bravoure, évidemment.

Il faut aussi mentionner MacGyver, même s'il a quelque chose du bricoleur de génie. On retrouve ici pour une fois de nombreuses femmes, parce que Hollywood a un faible pour les chercheuses smart et sexy. Pour ne citer que deux exemples de personnages: Jo Harding en tant que météorologue et chasseuse de tornades dans le film, «Twister» et Amelia Brand comme biologiste dans «Interstellar», le drame de science-fiction de Christopher Nolan.

La sociologue du cinéma Eva Flicker a donné ce titre explicite à son analyse: «Between Brains and Breasts – Women Scientists in Fiction Film: On the Marginalization and Sexualization of Scientific Competence». Selon elle, la catégorie la plus importante en quantité est celle de la Daughter/Assistant, comme Sarah Sherman dans «Le Rideau déchiré». Ces femmes sont certes intelligentes et capables, mais comme elles sont reléguées aux rôles secondaires, leurs qualités ne sont jamais mises en valeur.

Roland Fischer est journaliste scientifique à Bâle.



Pour que le serveur informatique fasse vraiment impression, une fumée blanche doit s'en dégager. Ce qui n'arriverait jamais dans la réalité est créé par l'équipe de tournage avec une soufflerie et la force humaine. Photo: Michel Gilgen



«Produire des images iconiques, c'est la grande force du cinéma»

Crainte d'une guerre nucléaire, consternation devant des mineurs ayant des relations sexuelles – les films peuvent se graver dans la mémoire collective ou déclencher des débats houleux. Martin Bürgin, historien, explique ce que le cinéma induit dans nos esprits.

Texte Judith Hochstrasser Photo Fabian Hugo

Martin Bürgin, pourquoi le film Netflix «Don't look up» a-t-il fait tant de bruit?

Il reprend des thèmes très débattus dans les médias: une comète que certains ne veulent pas voir comme métaphore de la négation du réchauffement climatique, le populisme politique, les divers camps qui ne s'écoutent pas. Il réunit aussi une brochette de stars. Tout cela le rend passionnant pour les médias.

Aurait-il eu ce succès sans Meryl Streep, Leonardo Di Caprio et compagnie?

On peut effectivement se demander si nous parlerons encore de «Don't look up» dans vingt ans. D'autres films ont probablement mieux traité la question du climat.

Revenons-en à «Don't look up»: un film peut-il éduquer les gens?

(Il rit) La fonction éducative du cinéma: le rêve de tous les cinéastes activistes et départements de propagande. En fin de compte, il reste difficile de répondre à cette question. On peut en revanche constater que, depuis les années 1980, les films consacrés à la destruction de l'environnement par les êtres humains, au réchauffement climatique, à la déforestation ou encore à un monde post-guerre nucléaire se multiplient. Certes, dans ce cas, on vise souvent une fonction éducative. On joue sur les peurs dans l'espoir d'inciter le public à adopter un comportement plus durable à l'égard de la nature.

De quels films parlez-vous?

Pensons à «The Day after» ou à des blockbusters tels «Waterworld», «The Day after Tomorrow» et «Avatar», et aussi à de plus petites productions comme «Tank Girl» ou des films d'animation tels que «Nausicaä de la Vallée du Vent» et «Princesse Mononoké».

«Waterworld» de Kevin Costner? Il manque un peu de profondeur.

(Il rit) C'est un bon point. Mais les blockbusters d'action atteignent un large public. Et peut-être

aussi un public qui n'a pas forcément d'affinités avec la politique environnementale. «Waterworld» commence par la fonte des calottes glaciaires et la Terre en grande partie inondée. Les gens vivent sur des îles bricolées et sont à la recherche de terrains fertiles. La représentation d'une Terre uniquement constituée d'eau s'imprègne dans les esprits.

Comment de petites productions nous marquent-elles?

«Tank Girl» date de la même époque. Un film sur une punk qui vit dans un tank et lutte contre les grandes entreprises. Contrairement à «Waterworld», le réchauffement climatique conduit ici à la transformation de la Terre en désert. Deux scénarios différents qui illustrent les conséquences du réchauffement climatique, tournés tous deux en 1995. «Tank Girl» traite en outre de capitalisme prédateur et de mondialisation. Un discours typique des années 1990: des gouvernements qui perdent de leur pouvoir et les grandes entreprises qui dominent le monde.

Ces films reflètent les craintes de la société. Peuvent-ils les renforcer?

Je n'en suis pas sûr. Mais en tant que média, le cinéma peut changer les débats en transformant des discussions techniques et politiques en histoires, en les mettant en scène dans des images, des sons et des dialogues accrocheurs. Ceux-ci sont ensuite repris par le grand public. Un film a surtout le pouvoir de produire des images iconiques.

Un exemple?

Les champignons atomiques au-dessus du paisible Kansas dans «The Day after», l'éclair après le déclenchement de la bombe atomique, le laminoir de feu, les retombées radioactives qui recouvrent tout... sont autant d'images puissantes gravées dans la mémoire du public et qui font désormais partie intégrante de la mémoire collective. C'est là, la grande force du

cinéma. Nous pensons savoir à quoi ressemble une guerre nucléaire, même si nous n'en avons jamais vu.

Un exemple actuel de cette force?

La série «The Handmaid's Tale», tournée sous l'ère de Donald Trump: une dystopie qui dessine une société patriarcale, totalitaire et chrétienne fondamentaliste, dans laquelle la fertilité est devenue rare. Les femmes en âge de procréer y sont considérées comme des esclaves sexuelles. Lors de manifestations contre Trump, des activistes se sont déguisées comme telles, notamment quand Brett Kavanaugh devait devenir juge à la Cour suprême – un évangéliste qui a été accusé de contrainte sexuelle. En protestant dans les vêtements emblématiques des handmaids, les militantes ont imagologiquement lié Kavanaugh au système de domination patriarcal et théocratique de la série.

Certains films récoltent de véritables tempêtes d'indignation. Tel «Kids» en 1995, avec des scènes de sexe entre mineurs. Un scénario de scandale typique?

A l'écran, le sexe entre mineurs recèle certes un potentiel de scandale. «Kids» s'est vu reprocher d'être un film voyeuriste aux accents pornographiques et pédophiles. Il est important de noter encore qu'il a été produit par Disney, une société de production qui s'efforce de donner une image favorable de la famille. Mais sa valeur sociopolitique réside dans la façon dont il a marqué le débat sur le VIH, en le mettant en scène sans compromis, dans le langage des jeunes, caméra à l'épaule et avec des actrices et acteurs non professionnels. Tout cela confère de l'authenticité, d'où précisément son succès. C'est aussi un film iconique.

Des films peuvent-ils briser des tabous?

Oui. Précisément en suscitant des discussions ou en les attisant. Finalement, des thèmes de-



viennent moins tabous quand on les aborde publiquement. Mais ce processus n'est pas linéaire. Des tabous que l'on croyait levés peuvent réapparaître. Et la conception de ce qui est tabou varie selon les groupes sociaux.

De tels groupes se sont affrontés en raison de «The Last Temptation of Christ» de 2009. Des cinémas ont même été attaqués.

Martin Scorsese montrait un Jésus plein de doutes, et de désirs et de rêves. Un Christ très humain, en somme. Dans une scène onirique, on le voit avoir des relations sexuelles avec Marie Madeleine. Pour bien des croyants et croyantes, c'était trop humain et cela a provoqué d'énormes protestations dans le monde. Des Etats ont fait censurer le film. Simultanément, des théologiens et des progressistes ont salué l'image donnée de Jésus. Il y avait deux questions fondamentales: comment Jésus est-il pensé et où est la limite du montrable?

La liste des films à scandale de Wikipédia nomme «Antichrist» de 2009 comme le plus récent. Est-ce que plus rien ne peut nous ébranler?

(Il rit) Si nous considérons la création cinématographique occidentale, les choses sont effectivement plutôt calmes pour le moment.

Et au-delà du monde occidental?

C'est différent. Cette année par exemple, la production Netflix «Perfect Strangers» a déclenché la fureur en Egypte. Un film en soi inoffensif. Un groupe d'amies et d'amis se réunit et décide de divulguer les messages reçus sur leurs portables pour un soir. Cela traite de sexe et d'homosexualité. Ce qui a provoqué l'indignation, allant du shitstorm sur les réseaux sociaux à des plaintes en justice, en passant par des attaques de députés contre Netflix.

Une nouvelle ère s'ouvre-t-elle?

Avec Netflix et d'autres plateformes de strea-

Du nez pour le scandale

Martin Bürgin est collaborateur scientifique à la Faculté de théologie de l'Université de Berne. Ses recherches portent en particulier sur **l'histoire du cinéma, la culture de la commémoration et les conflits religieux**. Sa publication la plus récente analyse les moments où éclatent des **scandales en politique et dans la société**. Depuis 2015, il programme la série de films «royalscandalcinema» à Baden (AG).

ming, l'accès aux films change effectivement. Les possibilités de censure sont limitées, contrairement au cinéma ou à la télévision, contrôlés par l'Etat. Le public peut consommer ces films dans l'espace privé et sans contrôle social. Les services de streaming peuvent ainsi viser de nouveaux marchés – avec succès. En janvier, «Perfect Strangers» a été le film Netflix le plus regardé en Egypte. Cela montre aussi que les scandales génèrent du public. Mais surtout, on assiste à une mondialisation des processus de scandalisation. C'est passionnant.

Vous êtes responsable d'une série de films à scandale qui durera plusieurs années à Baden, en Argovie. Pourquoi?

Je trouve séduisante l'idée de transmettre la science dans un cadre culturel. Les scandales en tant que processus permettent de montrer de façon compréhensible comment différents groupes sociaux aux visions du monde différentes entrent en collision. Et cela, parfois de manière très émotionnelle, comme cela s'est produit avec «Kids» ou «The Last Temptation of Christ».

Vous montrez aussi des films racistes. Cela vous a valu des critiques.

C'est vrai. Mais nous débattons de ces films. «Jud Süß», par exemple, fut l'un des plus grands instruments de la propagande nazie et sa mise en scène était habile du point de vue dramaturgique. Un de mes amis historiens estimait qu'il ne fallait pas le montrer en public. Je ne suis pas d'accord. En déconstruisant de tels films, nous brisons leur prétendue aura. Il est plutôt dangereux de traiter le film comme s'il avait en soi le pouvoir de transformer les gens et de les rendre antisémites. J'estime au contraire que nous lui conférons cette aura que si nous renonçons à le soumettre à la critique. Je crois ici au pouvoir éclairant de la science.

Judith Hochstrasser est codirectrice de la rédaction d'Horizons.

Au laboratoire du continuum espace-temps

Le voyage dans le temps, l'humanité en rêve et les scénarios de science-fiction sont difficiles à imaginer sans. Mais les intrigues sur ce thème peuvent-elles fonctionner du point de vue de la physique?

Texte Florian Fisch

La science-fiction nous ouvre un monde dans lequel, en principe, tout est possible – qu'il s'agisse de jeter un œil dans l'avenir ou de refaire le passé selon nos désirs. «Nous sommes fascinés par le voyage dans le temps, car il nous permet de nous affranchir de la limite spatio-temporelle», note Marc Atallah, maître d'enseignement et de recherche à l'Université de Lausanne et directeur de la Maison d'Ailleurs, le musée de la science-fiction d'Yverdon-les-Bains.

En réalité, pour voyager dans le temps, il suffit de regarder le ciel étoilé: nous y voyons jusqu'à des millions d'années dans le passé, aussi loin en arrière qu'il faut de temps à la lumière pour arriver des galaxies lointaines jusqu'à la Terre. Il est aussi possible de le faire plus activement grâce aux phénomènes décrits dans la théorie de la relativité. A grande vitesse ou sous une forte gravité, le temps passe plus lentement, relativement au reste. Toutefois, même dans le quotidien de la navigation spatiale, les écarts sur une année restent de l'ordre du millionième de seconde. Dans le blockbuster «Interstellar», toutefois, les heures se transforment en années lorsqu'un vaisseau spatial en quête d'un endroit pour sauver l'humanité s'approche d'un trou noir. Le temps s'étire davantage encore dans le film «La Planète des Singes», où des astronautes atterrissent sur une planète inconnue qui s'avère en fin de compte être leur planète d'origine, la Terre, mais dans le futur et après qu'elle a été dévastée par un conflit nucléaire.

L'extension du temps est l'une des quatre catégories dans lesquelles le youtubeur de la physique Henry Reich classe les voyages dans le temps. Sur sa chaîne Minute Physics, il décrit notamment le motif de la répétition tel qu'il est célébré dans la comédie «Un Jour sans Fin»: un présentateur météo cynique doit revivre la même journée d'innombrables fois pour finir de s'amender, au point que même sa collègue de travail tombe amoureuse de lui. Indépendamment de tout, le voyage dans le temps préféré d'Henry Reich est celui décrit dans «Harry Potter et le Prisonnier d'Askaban». Harry et Hermione reviennent trois heures en arrière, mais en tant que doubles, et ils doivent laisser les événements se dérouler exactement comme la première fois. Le passé ne peut donc pas être changé, ce qui évite de créer des situations paradoxales. La cohérence logique est un élément essentiel, non pas parce qu'elle est importante en soi, mais parce que nous devons être convaincus que les actes ont des conséquences pour nous intéresser aux personnages de l'histoire, explique le spécialiste à son public.

La forme la plus populaire du voyage dans le temps est la quatrième catégorie, celle du «tout est possible». On y rencontre typiquement des machines à remonter le temps, telle la voiture avec condensateur de flux dans «Retour vers le Futur». Avec cet engin, le teenager Marty McFly se retrouve involontairement propulsé trente ans en arrière, de 1985 à 1955, où il perturbe l'idylle de ses futurs parents. Ainsi, il doit non seulement organiser son retour en 1985, mais aussi faire le nécessaire pour que ses parents puissent l'engendrer – et pour qu'ils

deviennent plus cool qu'avant. En théorie au moins, ce genre de voyages dans le temps pourrait être possible. Celui qui joue avec les équations de la théorie de la relativité peut générer dans l'espace-temps – la combinaison des trois dimensions de l'espace et du temps – des passages transversaux nommés boucles temporelles qui permettraient de s'aventurer dans le passé.

Une autre possibilité, très disputée, viendrait des trous de ver qui pourraient relier à la manière d'un tunnel deux régions différentes de l'Univers et deux points différents du temps. Dans «Doctor Who», la série culte de la BBC, l'une des extrémités d'un de ces trous aboutit à Cardiff, au Pays de Galles. D'un point de vue physique, les trous de ver sont imaginables, mais n'ont encore jamais été observés. Le warp drive utilisé dans l'univers de «Star Trek» permet, lui, d'atteindre des vitesses supérieures à celle de la lumière et donc, en principe, d'inverser le temps. Toutefois, possible en théorie, la distorsion de l'espace-temps que cela demanderait nécessiterait la découverte quelque part d'une matière exotique ayant une masse négative.

Apprendre de l'impossible

«Il n'y a pas de raison de croire que les voyages dans le temps seront un jour possibles», dit Stefan Wolf, directeur du groupe de recherche sur la cryptographie et l'information quantique de l'Università della Svizzera italiana à Lugano et coauteur d'un article sur les voyages temporels. «Mais il n'y a pas non plus de raison d'en exclure la possibilité.» Toutefois, nulle part on ne mène de recherches sur un véritable voyage dans le temps des particules. «Mais l'examen théorique de la possibilité de tels voyages ouvre aussi un champ qui permet d'étudier certains phénomènes mathématiques et où on trouvera éventuellement des raisons parlant contre cette possibilité», note Stefan Wolf.

Ces histoires nous intéressent précisément parce que nous connaissons intuitivement les limites physiques, dit le spécialiste vaudois de la science-fiction Marc Atallah: «Le voyage dans le temps nous permet de raconter des histoires intéressantes.» Ainsi, on peut reconsidérer le passé, comme dans le film «A la poursuite du passé», où l'Eglise catholique craint la vérité. Et la distance qu'offre un futur hypothétique et lointain permet de jeter un regard critique sur le présent, comme dans «La Machine à explorer le Temps», dont le héros issu de l'époque victorienne voyage dans un avenir où vivent deux espèces humaines, l'une cannibale se terrant dans les sous-sols, et l'autre, insouciant, évoluant à la surface. Les jeux avec les paradoxes sont également intéressants, comme dans «L'Armée des Douze Singes» où, à la fin, le personnage principal assiste en tant qu'enfant à son propre meurtre à l'âge adulte. La morale: on n'échappe pas à son destin, même par un voyage dans le temps.

Florian Fisch est codirecteur de la rédaction d'Horizons.



Serveur en panne! Sonny, professeur d'informatique, est désespéré: échouera-t-il, malgré toutes ses recherches et toutes ses connaissances en intelligence artificielle, à sauver la vie de son enfant au moins dans le monde virtuel? Photo: Michel Gilgen

A l'étable de haute sécurité

Alors que le virus de la grippe aviaire sévit régulièrement dans nos contrées, la peste porcine africaine se répand dans les pays voisins. A Mittelhäusern, les scientifiques du laboratoire national pour les épizooties hautement contagieuses tentent de trouver des moyens de combattre ces maladies animales.

Texte Santina Russo Photos Raffael Waldner

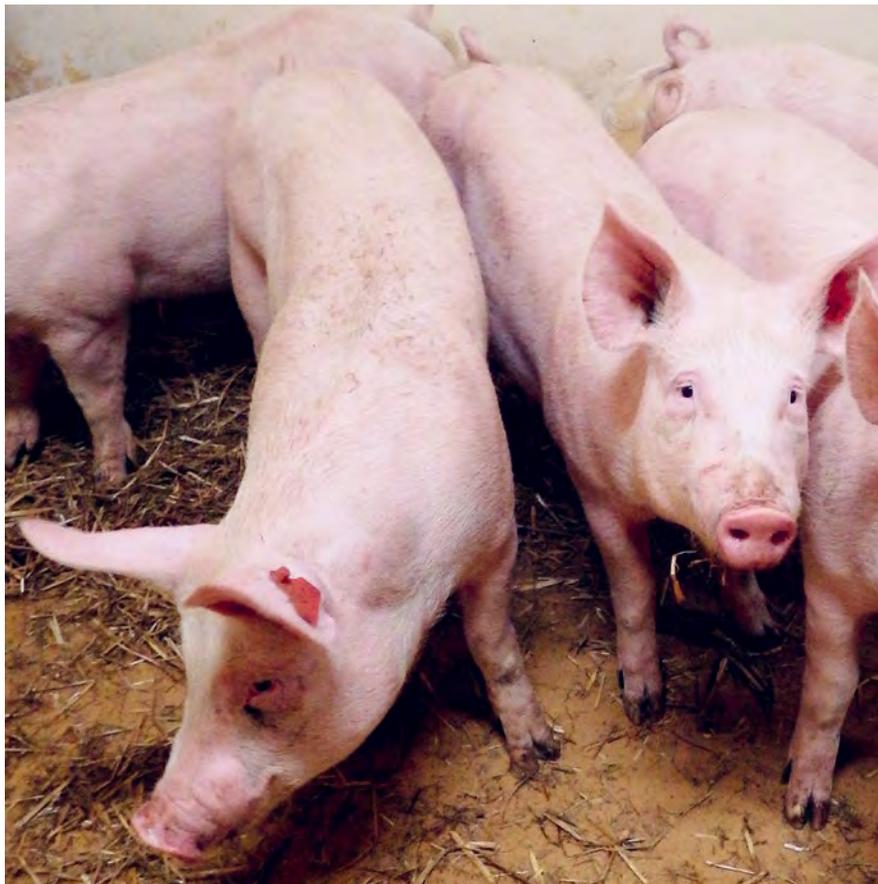
1



2



3



5

4

Katarzyna Sliz est entourée de six porcs – des truies et des mâles castrés, tous âgés de 6 mois – qui poussent ses mains avec leur groin. «Ils savent très bien qui les nourrit», dit la gardienne en souriant. Lorsqu'elle verse un peu de granulés dans le box, les animaux se bousculent pour chercher la nourriture dans la paille. C'est bon signe: «Des porcs en bonne santé ont toujours de l'appétit», dit Katarzyna Sliz. En ce mardi matin de fin avril, ils sont voraces et éveillés. Huit semaines plus tôt, ils étaient encore gravement malades, infectés par le virus de la peste porcine africaine.

Cette maladie hautement contagieuse touche les porcs domestiques et les sangliers. Et son issue est presque toujours fatale: les animaux infectés succombent en sept à dix jours. Si les porcs de l'étable de haute sécurité de l'Institut de virologie et d'immunologie (IVI) de Mittelhäusern (BE), le laboratoire de référence suisse pour les épizooties hautement contagieuses, sont encore en vie, c'est parce qu'on leur a inoculé une forme affaiblie du virus. «Il manque à ce variant naturel rare de grandes portions du génome qui jouent un rôle clé dans sa virulence», explique Nicolas Ruggli. Le virologue et vétérinaire dirige l'élevage des animaux et les expérimentations menées sur ceux-ci à l'IVI. Avec son équipe, il uti-

lise le virus atténué pour étudier comment le système immunitaire peut s'en défendre. Une observation qu'il est impossible de mener chez les porcs infectés par le virus mortel, bien plus fréquent, puisqu'ils meurent avant même d'avoir pu générer une réponse immunitaire adaptée à l'agent pathogène.

La peste porcine africaine s'est déjà largement propagée en Europe, aussi chez nos voisins d'Allemagne et d'Italie. Ce virus est d'une résistance extrême et peut survivre des mois durant dans des produits carnés tels que le salami tout en restant contagieux. Inoffensif pour l'être humain, l'agent pathogène pourrait être dévastateur pour les porcs domestiques et les sangliers indigènes. «Il faut donc être préparés et en apprendre le plus possible sur la façon dont le virus agit et sur les possibilités de l'arrêter», souligne Nicolas Ruggli.

Une porcherie propre

Les six porcs de l'étude à l'IVI ont été malades pendant une vingtaine de jours. Le virus a provoqué de la fièvre, parfois élevée, et une grande faiblesse. Même après leur guérison, l'agent pathogène se trouve toujours dans leur sang, de même que des anticorps et des cellules T spécialisés produits par leur système immunitaire. Une fois par mois, Katarzyna Sliz leur prélève du sang. L'équipe de Nicolas Ruggli analyse entre autres l'ARN messager des cellules T dans ces échantillons sanguins. Leur composition révèle en effet quelles protéines ont été formées lors de la réponse immunitaire et quelles voies de transmission des signaux ont été activées. «Nous pouvons alors en déduire quels composants devraient être stimulés par une vaccination», explique le chercheur.

Hormis les prises de sang régulières, la vie des porcs dans les étables de haute sécurité de l'IVI est similaire à celle de leurs congénères. Elle est peut-être un peu plus intéressante, puisque, ici, les animaux disposent de jouets, dont des tuyaux en caoutchouc et un panier à foin suspendu au plafond. Et il existe une différence notable: la propreté des lieux. La litière de leur box est changée tous les jours et les animaux sont douchés chaque matin, comme le fait Katarzyna Sliz lors de notre visite. Une propreté absolue est indispensable pour la recherche: «Pendant une expérience, les conditions régnant dans l'étable doivent autant que possible être toujours identiques, explique la gardienne. Le plus simple est d'être très pointilleux sur la propreté.»

Les mesures de sécurité imposées aux humains ne sont pas non plus les mêmes que dans une étable ordinaire. Pour pénétrer dans



- 1 Katarzyna Sliz, gardienne d'animaux de laboratoire, s'occupe du bien-être des vaches, des porcs et des poules à l'Institut de virologie et d'immunologie (IVI).
- 2 Les écuries du laboratoire national de référence pour les épizooties hautement contagieuses à Mittelhäusern (BE) sont des zones de haute sécurité.
- 3 Virologue et vétérinaire, Nicolas Ruggli est responsable de la détention des animaux et des expérimentations animales à l'IVI.
- 4 Ces porcs étaient atteints d'une forme modérée de peste porcine africaine, mais ont retrouvé la santé.
- 5 Trois sas doivent être franchis pour accéder au département de haute sécurité de l'IVI. Dans le secteur où est menée la recherche sur les virus transmissibles aux êtres humains, les tenues de protection sont également obligatoires.

l'aile de haute sécurité et rejoindre les porcs, Katarzyna Sliz et Nicolas Ruggli doivent passer trois sas et changer trois fois de tenue, dont deux fois jusqu'aux sous-vêtements. Pour en sortir, la procédure est plus compliquée: toute personne qui a côtoyé des porcs infectés doit se dévêtir, se doucher pendant trois minutes et se savonner deux fois, cheveux y compris. Un système de contrôle automatique veille au grain. La personne qui ne reste pas assez longtemps sous la douche et n'appuie pas au moins trois fois sur le robinet ne peut pas sortir. Il est exclu qu'un agent pathogène s'échappe.

Après avoir changé de vêtements, les scientifiques peuvent accéder à la zone au niveau de sécurité directement inférieur. Ici, pas d'animaux infectés, mais des laboratoires de recherche sur les agents pathogènes. Le prochain sas se trouve à la sortie de cette aile du bâtiment. A nouveau, il faut passer par la douche pour sortir et accéder au bâtiment voisin abritant des laboratoires et des bureaux ordinaires. Toute personne qui s'est rendue dans le périmètre de haute sécurité a de plus l'interdiction de s'approcher du bétail pendant 72 heures.

Outre la peste porcine, les scientifiques de l'IVI étudient d'autres épizooties hautement contagieuses, telle la fièvre aphteuse qui touche bovins, porcs, moutons et chèvres. A maintes reprises, la maladie a obligé les éleveurs à abattre tout leur troupeau pour en empêcher la propagation. Les travaux de l'IVI portent encore sur des infections touchant les oiseaux et la volaille. Dont la maladie de Newcastle, présente dans le monde entier, ou de la grippe aviaire H5N1 qui peut aussi contaminer les êtres humains. En Suisse, c'est en février dernier que l'on a trouvé des victimes de ce virus: deux hérons cendrés et un pélican morts au parc animalier de Berne. L'agent pathogène de la grippe aviaire est d'abord déterminé par le laboratoire national de référence pour les maladies de la volaille et des lapins (NRGK) à Zurich. Ensuite, ce sont les spécialistes de l'IVI qui analysent les échantillons de manière approfondie.

Un niveau de sécurité plus bas et un sas plus loin, Katarzyna Sliz vérifie encore comment se porte une couvée de poules. Elles ne sont pas infectées, mais sous l'observation attentive de la gardienne. Si l'une d'entre elles présentait un plumage hérissé ou laissait tomber sa tête, ce serait un signe de maladie. Mais aujourd'hui, tout va bien. Les poules somnolent paisiblement ou grattent dans la paille. Lorsque la chercheuse leur lance des graines, toutes accourent joyeusement. Katarzyna Sliz

en profite pour récolter leurs œufs. Les embryons fécondés de quelques jours vont, par exemple, servir à multiplier le virus de la grippe aviaire en laboratoire et à mener d'autres travaux de recherche et de diagnostic.

Toujours en avance sur l'agent pathogène

Des bœufs, des moutons, des chèvres, des lapins, des cochons d'Inde et des souris sont également détenus et examinés à l'IVI. C'est pourquoi les étables des différents niveaux de sécurité peuvent être rapidement adaptées aux diverses espèces. Et le lieu dispose d'enclos extérieurs où vivent actuellement quelques vaches, moutons et chèvres. Non pas pour une expérience, mais uniquement pour des prélèvements occasionnels de sang à des fins de recherche et de tests diagnostiques.

Pour Nicolas Ruggli, l'un des avantages de la recherche à l'IVI est qu'il peut, avec son équipe, y étudier les épizooties sur un hôte réel au lieu d'un modèle animal. «Il arrive un moment où on ne peut pas réduire une maladie qui touche tout un organisme à une seule cellule ou à une souris de laboratoire», note-t-il. Et le savoir acquis dans le cadre des expériences peut être utilisé directement sur leurs patients animaux.

En 2023, l'équipe de l'IVI prévoit de lancer l'étude du virus de Wesselsbron, actuellement répandu en Afrique, qui peut infecter les moutons, les chèvres, les rongeurs et aussi les humains. «Etant donné que l'agent pathogène est principalement transmis par des moustiques, le réchauffement climatique augmente la probabilité de voir cette maladie se répandre aussi chez nous», note le chercheur. «En virologie, nous devons toujours devancer toutes les éventualités, afin d'identifier la menace et de pouvoir y réagir.» Cette stratégie a aussi été payante avec la pandémie de Covid-19: Volker Thiel, virologue à l'IVI et membre de la Task Force Covid-19, avait déjà étudié les coronavirus chez les chats et les porcs bien avant que n'éclate la pandémie. «Nous avons ainsi les connaissances nécessaires pour étudier immédiatement le SARS-CoV-2.»

Mais revenons à nos porcs de l'expérience sur la peste porcine africaine. Ils resteront encore en observation à l'IVI pendant quelques mois avant d'être endormis, conformément aux directives éthiques en matière d'expérimentation animale. Ils auront peut-être contribué à sauver la vie de dizaines de milliers de leurs congénères dans le futur.

Santina Russo est journaliste indépendante à Zurich.

1



5

«Il arrive un moment où on ne peut pas réduire une maladie qui touche tout un organisme à une seule cellule ou à une souris de laboratoire.»

Nicolas Ruggli



- 1 L'Institut de virologie et d'immunologie (IVI) dispose aussi d'enclos hors de la zone de haute sécurité. C'est là que la gardienne d'animaux Katarzyna Sliz nourrit des moutons auxquels on prélève régulièrement du sang à des fins de tests diagnostiques.
- 2 Pour analyser le système immunitaire des animaux guéris dans le secteur de haute sécurité, on leur prélève aussi régulièrement du sang.
- 3 L'humeur est bonne dans la zone de haute sécurité où sont étudiées les zoonoses – les maladies contagieuses pour l'être humain.
- 4 Un petit groupe de poules vit également à l'IVI.
- 5 Les œufs que pondent ces poules sont utilisés pour des expériences sur le virus H5N1 de la grippe aviaire.

2



4

3

Enseignement magistral hors-jeu

La transmission du savoir est l'une des missions essentielles des hautes écoles.
Pourtant, elle est éclipsée, et de loin, par la recherche.
Pourquoi il en est ainsi et pour quelles raisons cela devrait changer.

Texte Benjamin Keller

«Il faut cesser de décrire l'enseignement universitaire comme une charge.» Dans une chronique publiée en début d'année sur le site de la revue *Nature*, Peter Copeland, professeur en sciences de la Terre et de l'atmosphère à l'Université de Houston, aux États-Unis, lance un appel pour que les hautes écoles accordent davantage de valeur aux activités pédagogiques. «L'excellence de la recherche est attendue, mais la barre est moins haute pour l'enseignement, et le lien entre les deux activités est souvent faible», déplore Peter Copeland.

Le constat est le même en Suisse. «C'est la recherche qui compte avant tout», observe Guido Gefter. Ce spécialiste de la langue japonaise a reçu le Prix Credit Suisse du meilleur enseignement de l'Université de Zurich en 2021, une récompense interne à chaque institution, décernée par le corps étudiant et dotée de 10 000 francs. «Si les universités se considèrent avant tout comme des lieux de recherche, alors ce déséquilibre est tout à fait compréhensible, juge le japonophile. Recherche et enseignement sont toutefois la plupart du temps cités d'un seul tenant comme leurs principales missions. Or, une carrière scientifique n'est possible que sur la base des prestations de recherche. L'enseignement ne joue de facto aucun rôle.»

Guido Gefter qualifie sa propre méthode pédagogique de «traditionnelle», voire, ironise-t-il, de «non professionnelle». Craie et tableau noir sont ses outils préférés. Mais il adore partager son savoir, échanger avec ses élèves et répondre à leurs questions. C'est peut-être ce qui fait qu'il est si apprécié. «Je peux comprendre que l'enseignement soit perçu comme une tare, dit-il. Un jeune qui veut faire une carrière académique doit se concentrer sur la publication d'articles, car c'est là-dessus qu'il est jugé.» Les qualités pédagogiques sont difficiles à évaluer. «Il est plus facile de mesurer les performances de recherche à l'aide de facteurs d'impact.»

Le Biennois d'origine n'est pas devenu un bon prof par hasard. Il a effectué un Certificate of Advanced Studies en enseignement du langage et continue à se perfectionner le week-ends. Un tel engagement «n'est pas commun», admet-il. Aucune formation pédagogique n'est requise pour

les professeurs d'université en Suisse. Étonnamment, il ne souhaite pas que cela change. «Sans intérêt pour l'enseignement, je ne pense pas que des cours puissent aider», dit-il. L'interaction avec une classe a pourtant de l'intérêt, pour les scientifiques: «Les étudiantes soulèvent des questions auxquelles on n'a pas forcément pensé. Elles butent aussi toujours sur les mêmes problèmes, ce qui nous amène à chercher pourquoi.»

Comment mieux valoriser les tâches éducatives? Micheline Louis-Courvoisier se pose la même question. «Dans l'idéal, enseigner ne devrait pas être un fardeau», dit la vice-rectrice chargée de ce domaine à l'Université de Genève. Elle égrène les mesures adoptées par son institution: prise en compte des qualités pédagogiques lors de nominations, leçons probatoires, webinaires, portail dédié à l'enseignement... Les professeures et professeurs assistants et les jeunes scientifiques en général sont par ailleurs soumis à des exigences moindres en termes d'enseignement afin de pouvoir développer leur programme de recherche. On parlait déjà de ce problème il y a vingt ans. Sans se prononcer pour les autres écoles, elle estime qu'à Genève, l'enseignement brille aujourd'hui d'un lustre rehaussé. «Notamment depuis que nous demandons régulièrement des évaluations, qui font partie du dossier de renouvellement, aux étudiantes. L'idée n'est pas forcément d'opposer la recherche et l'enseignement, mais d'avoir des indices permettant d'évaluer et de soutenir nos enseignantes et enseignants dans les deux disciplines.» Les leçons probatoires sont utiles aussi, selon elles. «Elles nous permettent d'évaluer la clarté du discours, l'envie de transmettre.»

Une autre solution passe par la création de postes fixes axés sur l'enseignement, pense Baptiste Hildebrand. Il enseigne les bases de la physique aux élèves de premier semestre en sciences naturelles à l'Université de Fribourg. Comme Guido Gefter, il a été auréolé d'un Prix Credit Suisse du meilleur enseignement en 2021. Et comme ce dernier, il n'est pas professeur, mais «lecteur». Il peut délaisser la recherche pour se consacrer à ses cours, pour son plus grand bonheur. «Cette place a été créée au moment où je finissais mon postdoc», explique celui qui prévoyait



Les enseignantes et enseignants qui possèdent le talent d'enthousiasmer leur auditoire ne récoltent guère de lauriers. Les stars de la recherche ne possèdent en effet pas forcément d'exceptionnelles compétences pédagogiques. Dans les universités, l'enseignement reste ainsi le parent pauvre. Photo: Christian Beutler/Keystone Photo: Christian Beutler/Keystone

alors de devenir prof dans le secondaire II. «Ce type de poste est assez nouveau chez nous, en tout cas dans les sciences dures. Il permet de promouvoir un enseignement de qualité.» Une qualité qui revient souvent de manière informelle entre les étudiants, note Hannah Wonta, secrétaire générale de la Fédération des associations d'étudiants de l'Université de Lausanne: «Les professeurs mis en avant par l'institution, les 'stars', n'ont pas forcément les compétences pédagogiques qui vont avec. Cela peut générer de la frustration chez les étudiants qui sont là pour apprendre.» A ses yeux, les postes de lecteurs ou assimilés sont particulièrement utiles pour les cours propédeutiques, soit les leçons de base dispensées en début de cursus universitaire: «Il y a un gouffre entre formation secondaire et tertiaire. Personnellement, j'étais un peu perdue en arrivant à l'université. Il est essentiel d'avoir des professeurs de qualité à ce moment-là.»

L'Université de Genève n'a créé aucun poste dédié uniquement à l'enseignement, selon Micheline Louis-Courvoisier: «Il m'est difficile de séparer cette activité de la recherche, les deux étant dans une dynamique d'enrichissement mutuel importante.» Idem à l'ETH Zurich: «Recherche et enseignement sont toujours pensés ensemble, c'est-à-dire que les cours sont en principe proposés par les chercheuses, informe le service de presse. Si besoin, cela est complété par l'attribution de mandats d'en-

seignement à des spécialistes externes. Cela permet de garantir à tout moment que l'enseignement est à la pointe de la recherche.» Et de préciser que les doctorantes sont impliquées dans l'enseignement et que l'engagement en la matière «fait partie de la promotion de carrière du corps intermédiaire académique». En outre, elle développe un outil de «quantification de l'enseignement» qui «devrait aider à organiser encore mieux toutes les forces disponibles» dans ce domaine.

Scepticisme face aux prix

Les prix sont-ils utiles? Credit Suisse en octroie depuis 2006 dans le cadre de ses activités citoyennes pour apporter une contribution à la qualité de l'enseignement universitaire et scientifique. Depuis qu'ils ont été distingués, Guido Gefer et Baptiste Hildebrand reçoivent plus d'attention. Pour le reste, les deux sont sceptiques quant à la portée de ces distinctions. Baptiste Hildebrand est «mal à l'aise avec les prix en général». Guido Gefer doute que cela inspire quiconque. Tout en exprimant sa gratitude d'avoir été honoré, il regrette que ses collègues qui mettent autant d'efforts pour leurs classes que lui ne bénéficient pas d'une telle reconnaissance. «Mais c'est déjà un début.»

Benjamin Keller est journaliste indépendant à Lausanne.

Tout au long de l'Aar

Du Grimsel jusqu'à Coblençe – l'Aar est la plus longue rivière de Suisse. Et c'est une artère vitale pour la recherche. Six projets qui contribuent au flot du savoir.

Texte Florian Wüstholtz Illustrations Andrea Peter



S'entraîner au stockage final dans les roches profondes

Laboratoire Nagra, Grimsel

En descendant l'Aar en canoé, on passe entre autres à côté de trois centrales nucléaires. Depuis quarante ans, des scientifiques tentent de répondre à la question du stockage définitif et absolument sûr de leurs déchets radioactifs. Ils travaillent à la source de l'Aar, dans le laboratoire souterrain de la Nagra, au col du Grimsel. Les déchets qui se trouvent par exemple au centre de stockage intermédiaire de Würenlingen, à de nombreux kilomètres en aval de la rivière, devront un jour être enfouis dans un dépôt en couches géologiques profondes, où ils resteront pendant des dizaines ou des centaines de milliers d'années.

L'un des défis de ce stockage fait pour l'heure l'objet d'une expérience à long terme, baptisée HotBENT, conduite par Florian Kober: que se passe-t-il lorsque le mélange d'argile bentonite est exposé à des températures élevées sur une longue période? «C'est avec ce matériau que les galeries où se trouvent les conteneurs de stockage définitif doivent être comblées et scellées», explique le spécialiste. «La bentonite absorbe l'eau environnante et isole les déchets de manière sûre.» Les scientifiques savent déjà que cela fonctionne jusqu'à 150 degrés. Pour observer l'influence de températures entre 175 et 200 degrés, quatre conteneurs – qui peuvent être chauffés – ont été câblés et emmurés profondément dans la roche ces derniers mois. Ils sont équipés de 1500 capteurs mesurant constamment la température, l'humidité et la pression. Le chauffage a démarré en septembre 2021. Il est prévu que les conteneurs restent sous terre jusqu'à vingt ans. On espère ainsi mieux comprendre les processus et optimiser les dépôts définitifs.

Plongée dans l'univers palafitte

Service archéologique du canton de Berne, lac de Thoune

A peine sortie de ses gorges sauvages, la plus longue rivière de Suisse se déverse dans le lac de Thoune, à la frontière entre les Alpes et le Plateau. C'est en 2014 que cela a éveillé l'attention des archéologues. Un plongeur sportif a alors découvert des objets en bronze spectaculaires au fond du lac. Le service archéologique du canton de Berne a tout de suite examiné le site dans les eaux peu profondes au large de Thoune. «Nous y avons découvert plus de 200 pieux sur une zone d'environ 15 000 mètres carrés», raconte l'archéologue Lukas Schärer. «Des tessons de céramique, des pointes de flèches, des dagues, des hameçons et des aiguilles ont aussi été mis au jour.»

Les datations permettent de conclure à différentes périodes de peuplement de la région: d'abord entre 1590 et 1550, puis entre 1050 et 950 avant Jésus-Christ. Les pilotis témoignent ainsi d'un nouveau pan de l'histoire de notre habitat: jusqu'à présent, on considérait surtout les lacs du Plateau comme des lieux d'habitation appréciés à l'âge du bronze. Désormais, il est évident que des villages importants ont aussi régulièrement existé sur le lac de Thoune. «Il se peut que le lieu, il y a 3000 ans déjà, ait été un point stratégique important sur une route entre la vallée de l'Aar et le Valais», pense Lukas Schärer. En effet, des vestiges préhistoriques ont aussi été découverts dans les champs de glace du col du Lötschen. On ignore toutefois encore si le lac de Thoune ou celui de Brienz, voisin, renferment encore d'autres vestiges des palafittes. Dans les années à venir, les scientifiques continueront à sonder les sédiments lacustres, à la recherche d'éventuels autres éléments cachés.





A propos des mesures de canyons invisibles

Institut de géologie de l'Université de Berne,
vallée de l'Aar entre Thoune et Berne

Depuis Thoune, l'Aar s'écoule tranquillement en direction de Berne à travers l'idyllique vallée de l'Aar. En été, alors que des milliers de personnes rejoignent Berne en canot pneumatique, les poissons s'ébattent dans l'eau et les libellules virevoltent au-dessus. Mais en dessous, à près de 200 mètres sous le fond actuel de la vallée, se cachent de profonds canyons, formés dans la roche par l'avancée et le recul des glaciers et comblés depuis longtemps par les alluvions, des éboulis et de la terre.

L'Institut de géologie de l'Université de Berne mesure actuellement la géométrie de ce sol rocheux caché. Les scientifiques utilisent principalement un gravimètre sensible, qui sert à mesurer la gravitation à divers points. Comme celle-ci est influencée par la densité du sol, les chercheuses peuvent établir un profil sans avoir à effectuer de forages.

«Nous avons pu montrer que la vallée de l'Aar cache des canyons profonds, explique le codirecteur de l'étude Fritz Schlunegger. Ces surprofondeurs ont été creusées dans la roche par les glaciers.» Grâce aux mesures, on peut également reconstituer une chronologie de l'érosion par les glaciers durant les périodes de glaciation et celles plus chaudes. Au cours des glaciations qui ont eu lieu il y a 200 000 à 150 000 ans, les glaciers massifs ont avant tout creusé la vallée de l'Aar en profondeur. Tandis que lors de la dernière grande glaciation, terminée il y a 20 000 ans, ils ont érodé ses versants latéraux. Les spécialistes comprennent maintenant mieux comment les glaciers ont façonné nos paysages pendant des millénaires.

Quand les crues arrivent

Mobilier Lab sur les risques naturels de l'Université de Berne, rivières suisses

Tous les deux ans, l'Aar menace de sortir de son lit. Avec la multiplication des événements météorologiques, la menace sur les bâtiments et la population le long des 288 kilomètres du cours de la rivière augmente. Savoir où elle déborde le plus volontiers et le plus violemment est essentiel pour les mesures de protection. Le déroulement d'un tel événement intéresse également les scientifiques et les services chargés de la protection de la population. Le Mobilier Lab sur les risques naturels de l'Université de Berne tente de mieux comprendre cette dynamique à l'aide d'un outil de simulation développé à cette fin. Il présente différents scénarios de crues extrêmes, mais réalistes, le long des principaux cours d'eau de Suisse.

Les neuf simulations fournissent des indications pour répondre à des questions centrales, comme l'explique le codirecteur Andreas Zischg: «Combien de kilomètres de routes sont inondés dans quelle zone et quand? Combien de bâtiments sont concernés, à quel moment et où? Les écoles, hôpitaux ou EMS sont-ils affectés?» Les scénarios se basent sur des données des prévisions météorologiques archivées et visualisent les effets des inondations dans l'espace et dans le temps. Pour ce faire, les données hydrologiques ont été combinées avec des informations sur l'emplacement et le nombre d'hôpitaux et d'écoles, la valeur des maisons, les routes situées alentour et les personnes éventuellement touchées. Ce puzzle compliqué finit par rendre compréhensible le danger naturel comme une situation dynamique. Cela permet de mieux comprendre quelles mesures sont nécessaires, et à quel moment.



Quand l'Aar traversait Lucerne

Institut de géologie de l'Université de Berne, région du bassin historique de l'Aar

Les Bernoises le savent bien: l'Aar est la rivière la plus importante de Suisse. Elle draine près de 43% du pays, soit, outre le versant nord des Alpes, presque tout le Plateau du lac de Joux jusqu'au Walensee, avant de se jeter dans le Rhin à Coblenze. Son cours n'a cependant pas toujours été le même qu'aujourd'hui. L'intervention la plus connue est la canalisation et la déviation dans le lac de Biemme à l'occasion de la première correction des eaux du Jura, de 1868 à 1891. L'ancienne Aar entre Aarberg et Nidau en témoigne aujourd'hui encore.

Le géologue Fritz Schlunegger de l'Université de Berne a remonté le cours de l'histoire de l'Aar encore plus loin: depuis sa naissance, il y a près de 30 millions d'années, le sens d'écoulement de la rivière primitive a régulièrement changé. Elle s'écoulait tantôt vers l'est, tantôt vers l'ouest et, à un moment donné, vers le nord. Il y a 16 millions d'années, elle débouchait même dans une gigantesque mer de molasse antique, le Plateau actuel. L'origine de toutes ces versions de l'Aar se trouvait toutefois toujours dans l'actuel Oberland bernois. Le déploiement des Alpes est aussi l'une des raisons pour lesquelles la rivière n'a jamais coulé vers le sud. Ce n'est qu'il y a environ 2,6 millions d'années qu'elle a plus ou moins pris sa forme actuelle. Pendant un million d'années, elle a toutefois évité l'actuelle ville de Berne, se dirigeant directement vers le nord en passant par Lucerne. Les choses ont changé avec les périodes de glaciation et de réchauffement de ces 500 000 dernières années. Mais une question reste ouverte pour Fritz Schlunegger: où l'Aar s'écoulera-t-elle dans le futur? Il se peut qu'elle choisisse à nouveau d'aller vers l'ouest.

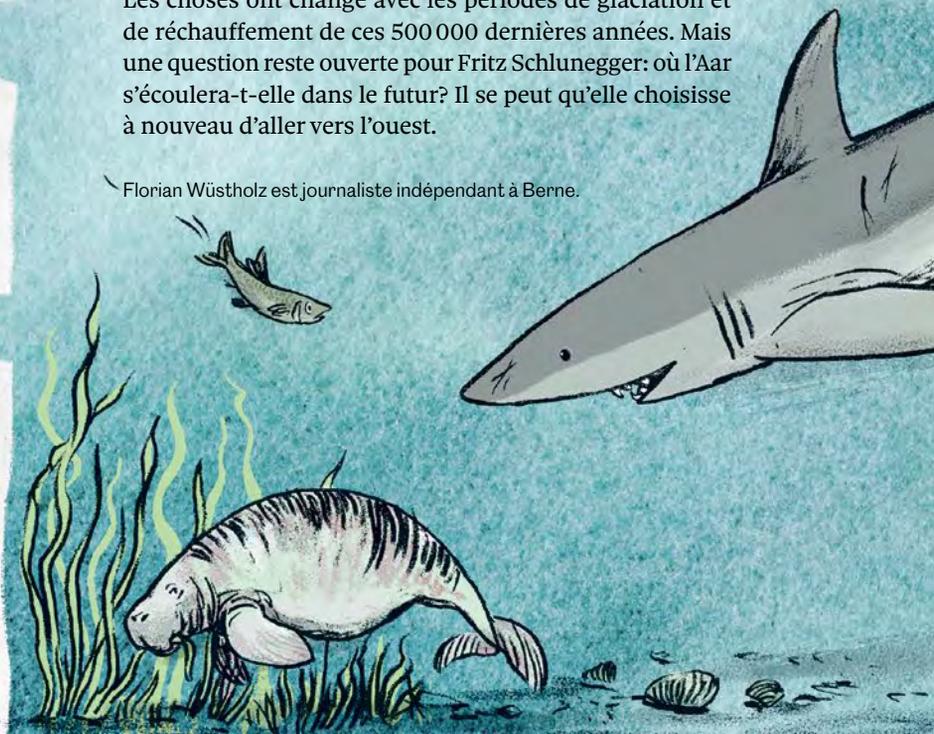
Florian Wüstholtz est journaliste indépendant à Berne.

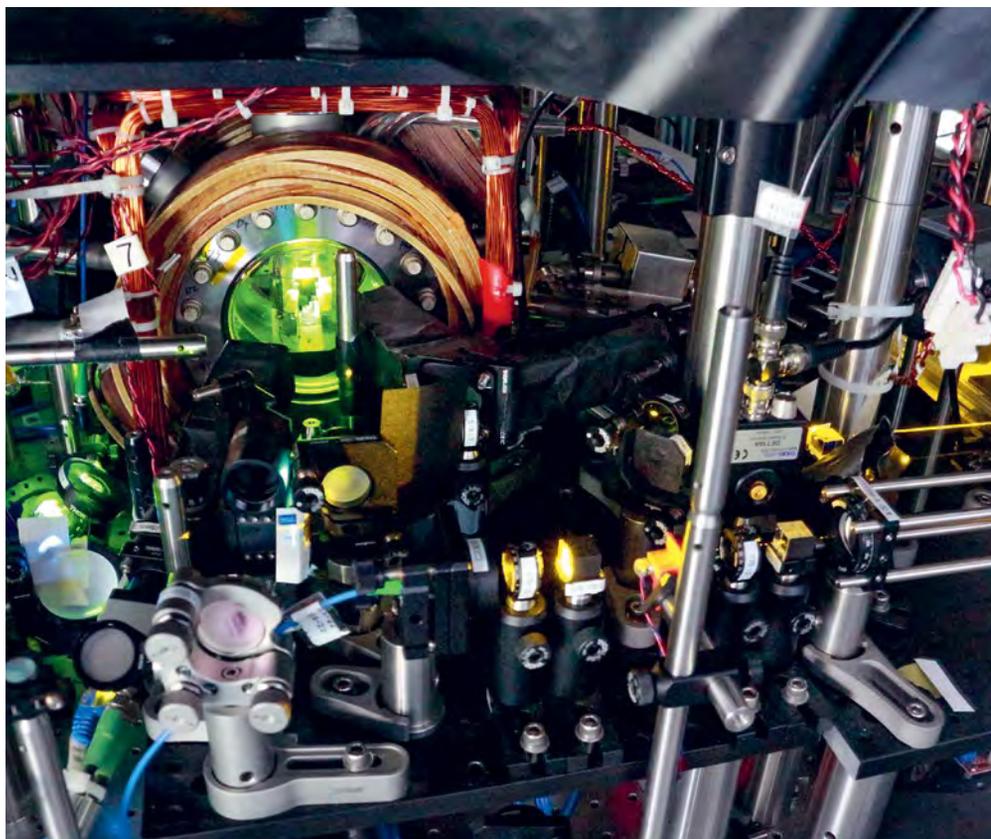
Poissons en lutte pour descendre le courant

ETH Zurich et Eawag, centrales hydrauliques

Pour les poissons, les centrales au fil de l'eau représentent souvent d'infranchissables obstacles. Le long de l'Aar, on en compte une vingtaine. Bien qu'elles soient souvent équipées d'échelles à poissons pour qu'ils puissent remonter le courant, il manque toujours une solution pour leur migration dans le sens inverse. Ce problème concerne surtout les grandes centrales. Les barbeaux, anguilles ou truites suivent le courant et se retrouvent dans les turbines, où près d'un tiers meurt. Pour mettre fin à cette hécatombe, il faut trouver une solution de construction durable à prix abordable et qui plaise aux poissons.

Plusieurs projets pilotes tentent de résoudre ce problème. Dans les centrales hydrauliques de Bannwil et de Wildegg-Brugg, les analyses visent à comprendre comment les poissons peuvent éviter les turbines au moyen d'une dérivation efficace. En laboratoire, des ingénieurs de l'ETH Zurich et des biologistes de l'Eawag ont développé les dispositifs nécessaires. Ces grilles modifient le courant et orientent les poissons dans la direction souhaitée. Dans l'Aar, le biologiste Armin Peter a par ailleurs étudié le comportement de migration des poissons: quand partent-ils? Quelles distances parcourent-ils? Et où vont-ils? Dans la rivière, les conditions sont plus complexes qu'en laboratoire. «Le système doit fonctionner dans n'importe quelle situation, qu'il y ait peu ou beaucoup d'eau», explique Andreas Stettler, qui accompagne les projets pilotes. «Le bois flottant pourrait en outre endommager les grilles de guidage filigranes.» L'étape suivante consistera donc à étudier les effets réels à Bannwil, afin de développer une solution adaptée à la pratique.





Quelques centaines d'atomes sont entassés et imbriqués les uns aux autres dans la chambre verte lumineuse. Leurs vibrations peuvent ainsi être mesurées avec plus de précision. Photo: Simone Colombo

Horloge atomique du futur

Au lieu d'atomes de césium, des atomes d'ytterbium oscillent de manière entrelacée dans la nouvelle horloge atomique. Ce phénomène quantique stupéfiant crée une précision sans précédent pour déterminer une seconde.

Texte Lionel Pousaz

L'intrication quantique défie le sens commun. Lorsque deux particules sont «intriquées», elles accordent simultanément leurs états quantiques, quelle que soit la distance qui les sépare. Ce phénomène déconcertant pourrait également améliorer notre mesure du temps: postdoc au MIT, la Suisse Simone Colombo l'exploite pour concevoir l'horloge atomique la plus précise au monde.

C'est en 1967 que l'horloge atomique s'impose comme moyen de mesure officiel. Pour la première fois, on ne définit plus la seconde comme une fraction de l'année, mais comme une propriété de la matière. Depuis, la seconde officielle équivaut à 9 192 631 770 oscillations de l'atome de césium – par «oscillation», on entend un électron de l'atome qui passe d'un

niveau d'énergie up à un down, et inversement. Une approche infiniment plus précise que les mesures astronomiques.

Il faudra attendre les années 2000 pour que les horloges atomiques progressent de manière notable. Les nouveaux modèles exploitent des éléments comme le strontium ou l'ytterbium, qui oscillent 50 000 fois plus rapidement que le césium. Parce qu'ils permettent de diviser la seconde en de plus petites fractions, ils sont bien plus précis. Leur fréquence d'oscillation est proche de celle de la lumière visible, et on peut donc la mesurer avec un laser. C'est pourquoi on appelle ces instruments «horloges optiques».

Les horloges atomiques ne font que mesurer une moyenne. Au cœur du dispositif, les

quelques dizaines ou centaines d'atomes sont comme autant de petites horloges indépendantes qui n'oscillent pas en même temps. «C'est comme jouer à pile ou face quelques centaines de fois par seconde, explique Simone Colombo. Avec autant de tirages, la moyenne sera pratiquement à 50% de up et de down. Mais parce qu'il s'agit quand même d'une moyenne, il restera toujours une incertitude.»

C'est ici que l'intrication quantique entre en jeu. Dans l'horloge atomique conçue par Simone Colombo et son équipe, les atomes d'ytterbium sont intriqués artificiellement, selon une procédure complexe appelée «spin squeezing». Ils oscillent donc en même temps, comme des centaines de pendules au tic-tac synchronisé. L'intrication n'est pas encore parfaite, mais l'incertitude est pratiquement éliminée.

Au-delà de la mesure du temps

Ce procédé permet un impressionnant gain de précision. L'horloge au césium standard dérive d'une seconde tous les 150 millions d'années; l'horloge optique dévie d'une seconde tous les 15 milliards d'années, plus que l'âge de l'Univers. Avec l'intrication quantique, ce chiffre pourrait atteindre les 15 billions d'années – l'actuel prototype du groupe de Colombo atteint déjà les 150 milliards d'années!

Ces gains de précision peuvent sembler dérisoires, mais ils ouvrent de nombreuses possibilités. En astrophysique, l'horloge intriquée permettrait de détecter beaucoup plus facilement les ondes gravitationnelles, et donc de débusquer plus de phénomènes dans notre Univers; la géolocalisation par satellite, de type GPS, pourrait atteindre une précision de l'ordre du centimètre, voire du millimètre; les horloges intriquées permettraient même de cartographier les entrailles de notre planète en mesurant d'infimes variations locales de l'écoulement du temps.

L'intrication quantique reste cependant fragile et techniquement complexe à réaliser, explique Jun Ye, physicien au National Institute of Standards and Technology, institution gardienne des unités de mesure aux Etats-Unis. Selon cet expert en horloges optiques, qui n'a pas participé au projet, ces travaux démontrent la faisabilité de l'approche en principe: «Notre groupe se tient activement informé de ces avancées, et nous sommes en train d'incorporer l'intrication dans une horloge optique de dernière génération.»

Lionel Pousaz est journaliste scientifique à Boston.



Inlassablement pour la protection des données

L'Espagnole **Carmela Troncoso**, née en 1982, a obtenu son diplôme en génie des télécommunications en 2006 à l'Université de Vigo, puis son doctorat en 2011 à l'Université catholique de Louvain en Belgique. Après quelques années au Centre de recherche et de développement en télécommunications avancées de Galice (Gradient), elle est devenue en **2017 professeure assistante à l'EPFL** où elle dirige le **Laboratoire d'ingénierie en sécurité de l'information et respect de la vie privée (Spring)** à la Faculté d'informatique et de communication. Militante LGBTQ+, elle est mariée et vient d'avoir un enfant.

La gardienne de la sphère privée numérique

Carmela Troncoso dirige le Laboratoire d'ingénierie en sécurité de l'information et respect de la vie privée de l'EPFL. L'Espagnole, militante LGBTQ+, s'est forgé une aura internationale grâce à sa contribution à l'app de traçage SwissCovid.

Texte Martine Brocard Photo Jorge Msanz

Carmela Troncoso n'aime guère parler d'elle, sauf si c'est nécessaire. «Je suis une personne réservée, plutôt introvertie», reconnaît l'informaticienne. Logique, semble-t-il, que la chercheuse dirige le Laboratoire d'ingénierie en sécurité de l'information et respect de la vie privée à l'EPFL.

Lorsqu'il s'agit d'évoquer ses recherches, la presque quadragénaire se montre toutefois plus bavarde. «Nous développons des technologies nous permettant de profiter du monde digital de façon socialement responsable et sans compromettre des valeurs qui nous sont chères», explique la professeure assistante, jointe en visioconférence depuis sa ville natale de Vigo, où elle passait ses dernières semaines de grossesse. «Dans le monde réel, notre vie privée est protégée par les murs et le volume de notre voix. Nous pouvons choisir d'aller discuter dans un café ou dans une forêt, et ne disons pas forcément la même chose à nos amis qu'à nos parents. Mais dans le monde connecté, les règles changent.»

Applications menstruelles utilisées contre les femmes

Nos likes, nos recherches sur internet et nos informations sur les réseaux sociaux n'échappent pas aux géants du web, qui les collectent et créent des bases de données exploitables à nos dépens, à l'image du scandale de Cambridge Analytica qui a vu les données de millions de comptes Facebook siphonnées et analysées, pour ensuite influencer les suffrages de leurs propriétaires lors de la présidentielle américaine de 2016, rappelle la chercheuse.

«Nous devons ralentir et commencer à construire des technologies digitales différemment, plaide l'Espagnole. C'est ce que nous faisons d'habitude avec les autres technologies: lors de la pandémie de Covid-19, l'accès au vaccin n'a pas été autorisé avant qu'il ait été dûment testé.» La précipitation qui accompagne la mise sur le marché des technologies digitales s'explique selon elle par le fait que l'impact de la perte de la vie privée est peu tangible. «Si un vaccin n'est pas sûr, des personnes meurent et cela se voit, de même si une voiture qui n'est pas au point cause des accidents. Par contre, avec les technologies digitales, les dommages sont plus lents et plus difficiles à observer. Cela crée pourtant d'immenses problèmes.»

L'informaticienne s'inquiète par exemple qu'avec l'actuelle remise en question de l'avortement aux Etats-Unis, des données géographiques ou issues d'app de traçage des règles puissent être utilisées au détriment de femmes concernées. «Il ne s'agit pas de protéger la vie privée pour la vie privée, mais bien parce qu'elle nous protège.»

Lutte pour les droits parentaux des couples homosexuels

La chercheuse développe notamment des plateformes de travail sécurisées pour des organisations non gouvernementales comme le CICR ou le Consortium international des journalistes d'investigation. «Nous aidons par exemple le CICR à bénéficier des avantages de la biométrie, mais sans créer de grandes bases de données qui pourraient être volées ou détournées», explique la scientifique, rappelant que les talibans se sont emparés de tels documents virtuels lors de leur arrivée au pouvoir l'an dernier. Elle teste aussi des technologies se proclamant respectueuses de la vie privée. «Il y a beaucoup de 'privacy washing', observe-t-elle. A savoir l'utilisation de procédés destinés à faire penser, à tort, qu'une entreprise agit de manière responsable en matière de protection de la vie privée.

Face à la passion qui l'anime, difficile de croire que Carmela Troncoso s'est lancée dans la voie académique simplement parce que, à l'issue de ses études en télécommunications, elle n'avait «pas envie

d'avoir un job, de se lever tôt et de bien s'habiller tous les matins». Elle a donc entrepris un doctorat à l'Université catholique de Louvain en Belgique où elle s'est intéressée à la protection de la vie privée. On connaît la suite.

Depuis qu'elle a accepté un poste de professeure assistante à l'EPFL en 2017, la scientifique affiche toutefois ouvertement un pan de sa vie privée: son homosexualité. «Il est important que les personnes en position de pouvoir créent des modèles pour que les gens voient que l'homosexualité existe, qu'elle est normale et que ce n'est pas une entrave dans la vie.» Dans cette optique, Carmela Troncoso a cessé d'utiliser le terme de 'partenaire' pour parler de son couple. «Je dis exprès 'ma femme' car je veux normaliser cela.» La professeure s'investit aussi pour rendre le campus lausannois plus inclusif, en y instaurant notamment des «apéros queer» mensuels et en s'engageant auprès de la direction pour que les termes de «congé parental» remplacent les trop restrictifs «congé paternité» ou «congé maternité».

Le militantisme de l'ancienne joueuse de foot, devenue adepte de randonnée alpine, a aussi été motivé par la situation de la communauté LGBT+ en Suisse. «Je n'ai jamais été confrontée à des réactions hostiles dans la rue, c'est plutôt la question d'avoir des droits, ce que la Suisse rend difficile», explique-t-elle. C'est justement pour que son épouse puisse également figurer en tant que mère sur le certificat de naissance que le couple a décidé de partir en Espagne pour la naissance de leur enfant.

Succès avec le traçage de contacts décentralisé

Les deux jeunes mamans entendent reprendre à plein temps après leur congé parental, tout en adaptant leurs horaires. Le couple mène en effet des carrières académiques parallèles, puisque Rebekah Overdorf, l'épouse de Carmela, est elle-même spécialiste en criminalistique numérique et occupe depuis peu un poste de professeure assistante à la Faculté de droit de l'Université de Lausanne. L'Américaine décrit sa moitié comme une personne «très drôle et pragmatique» et comme une «scientifique passionnée et altruiste, incroyablement intelligente et créative».

En effet, Carmela Troncoso s'est taillé une renommée internationale en développant un système de traçage de contacts décentralisé pour l'application SwissCovid. Baptisé «DP-3T» pour «Decentralized Privacy-Preserving Proximity Tracing», ce système permettant de tracer les contacts sans pour autant créer de grandes bases de données personnelles a été repris dans les applications de traçage de Covid-19 du monde entier.

Cette prouesse lui a valu d'être nommée en novembre 2020 parmi les 40 leaders de moins de 40 ans par le magazine Fortune dans la catégorie technologie. «J'ai trouvé extrêmement important que ce magazine, qui s'intéresse surtout aux succès économiques, distingue une avancée qui ne génère pas d'argent mais qui protège la vie privée», commente la chercheuse. Elle se félicite en outre que, suite au travail de vulgarisation mené avec ses pairs de la Swiss National Covid-19 Science Task Force, le Parlement ait tenu une session au sujet de la puissance des données. «Pour moi, c'était très important, plus important encore que la mise au point de l'app», assène la scientifique.

Une chose est sûre: même si Carmela Troncoso n'aime guère parler d'elle, on n'a en tout cas pas fini d'entendre parler de la chercheuse activiste.

Martine Brocard est journaliste indépendante à Lausanne.

Nous créons notre propre cellule

Des biophysiciennes et des biochimistes adaptent désormais des cellules à leurs besoins ou les construisent directement de manière artificielle. Comment cela permet de guérir des maladies et peut-être un jour de produire des composants électroniques.

Texte Yvonne Vahlensieck

L'usine pharmaceutique du futur se compose d'une puce en plastique. Dans les minuscules canaux creusés à sa surface, les scientifiques font couler de petites gouttes d'huile. Ainsi, ils peuvent produire comme à la chaîne des structures qui ressemblent aux cellules: pas à pas, les gouttes sont truffées de protéines et chargées de substances actives.

«Notre objectif est de remplacer les cellules naturelles ou des parties de celles-ci par des cellules artificielles simplifiées qui permettent de traiter les maladies de façon ciblée», explique Ilia Platzman, biophysicien à l'Institut Max-Planck de recherche médicale à Heidelberg. Avec son équipe, il a ainsi assemblé des gouttes de graisse et des substances capables d'envoyer un signal pour la guérison des plaies. Une idée inspirée par la nature, où les cellules dans des tissus blessés communiquent entre elles par l'intermédiaire de petites bulles similaires, des vésicules.

Dans cette approche de biologie synthétique qui consiste à recréer des cellules neuves à l'aide de composants individuels, la microfluidique décrite ci-dessus joue un rôle important: «Cette technologie nous permet un contrôle précis lors de l'assemblage», affirme Ilia Platzman. Selon lui, il est particulièrement important pour les applications médicales que la taille et la composition de toutes les vésicules soient strictement identiques.

«Naturellement, les vésicules de ce genre ne sont pas de vraies cellules en état de fonctionner», ajoute le scientifique. «On devrait peut-être plutôt parler de robots synthétiques imitant des cellules.» Elles sont par exemple incapables de se diviser et de produire de l'énergie. Mais des progrès sont réalisés même dans ce domaine: les scientifiques sont désormais en mesure de fabriquer des membranes qui délimitent l'extérieur d'une cellule et forment des compartiments à l'intérieur, tout comme le font les mitochondries qui lui fournissent de l'énergie. Et des avancées ont également eu lieu dans l'imitation de la structure qui confère leur stabilité aux cellules et les aide à se diviser.

Pompe à insuline dans le corps des diabétiques

Le biotechnologue Martin Fussenegger, du Département des biosystèmes à l'ETH Zurich à Bâle, est toutefois sceptique quant à la possibilité d'assembler des cellules plus complexes à partir de composants individuels à l'avenir: «De tels systèmes sont sans doute justifiés pour certaines applications. Mais atteindre la complexité d'une évolution longue de plusieurs millions d'années avec cette approche rationnelle relève selon moi de l'impossible.»

De nombreuses chercheuses et chercheurs, dont Martin Fussenegger, suivent donc une autre approche. Ils ne

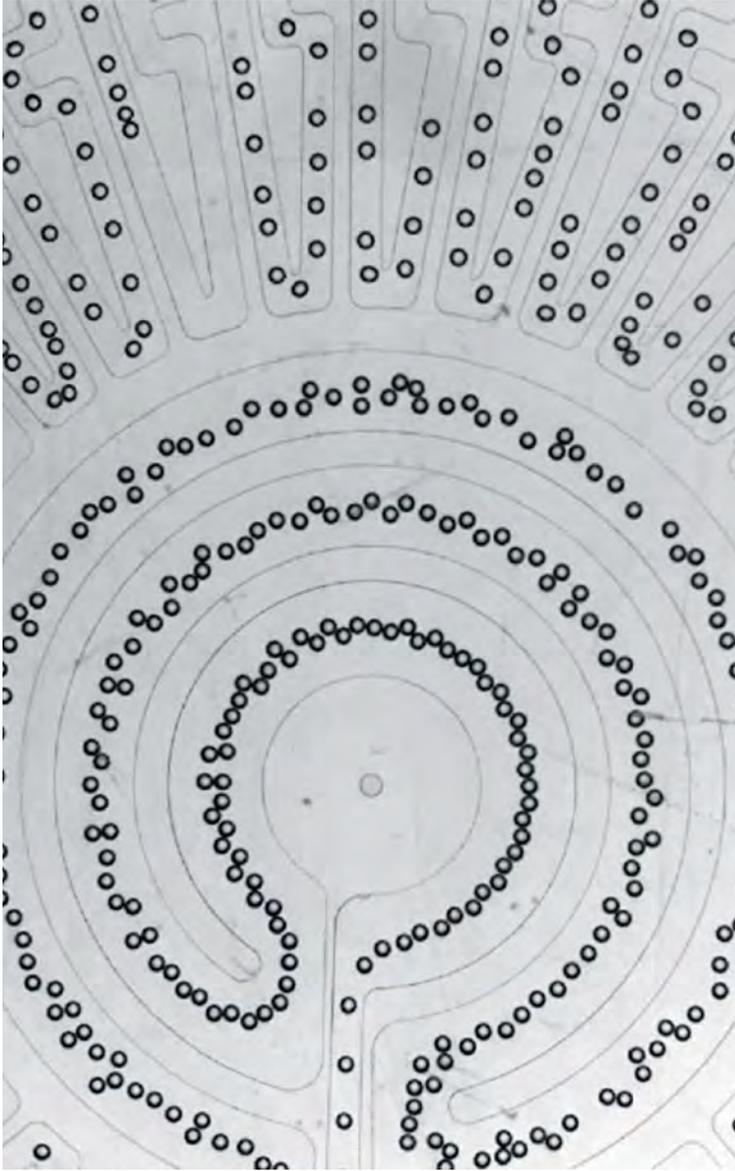
partent pas de zéro, mais basent leurs créations sur des cellules naturelles, existantes, qu'ils dotent de propriétés supplémentaires taillées sur mesure. La thérapie cellulaire Car-T contre le cancer, utilisée avec succès, a ouvert la voie dans ce domaine. Des cellules immunitaires sont prélevées sur les patientes et modifiées par génie génétique afin que leur surface forme des récepteurs artificiels. Une fois ré-introduites dans l'organisme, les cellules cancéreuses sont trouvées par ces récepteurs qui les détruisent.

Martin Fussenegger aimerait également transformer des cellules corporelles à des fins thérapeutiques – à l'aide de circuits synthétiques qui activent et désactivent les gènes en fonction des besoins. L'exemple du diabète de type 1 montre comment ce système pourrait fonctionner en pratique. Chez les personnes atteintes de cette maladie, les cellules bêta du pancréas ne sont plus en mesure de sécréter de l'insuline. Les patientes et les patients doivent donc mesurer leur taux de glycémie plusieurs fois par jour et s'injecter la bonne dose d'insuline pour éviter une hyperglycémie ou une hypoglycémie dangereuses.

L'équipe de Martin Fussenegger a modifié des cellules corporelles dans une boîte de Pétri de sorte qu'elles commencent à produire automatiquement de l'insuline en cas de concentration élevée de sucre dans leur environnement. Pour que cela soit possible, il a suffi d'intégrer à la cellule deux gènes présents dans la nature et de les reprogrammer. L'un des gènes contient le plan de construction d'un canal dans la membrane cellulaire qui transporte le calcium dans la cellule en cas de forte concentration de sucre. L'autre gène contient le plan de construction de l'insuline et est activé par le calcium. Chez des souris diabétiques, les cellules ainsi modifiées ont effectivement assuré un équilibre entre sucre et insuline.

Selon le même principe, les cellules peuvent être transformées pour traiter de nombreuses autres maladies. «Dans l'idéal, la cellule reconnaît un produit du métabolisme signalant une affection particulière et sécrète alors la protéine qui la combat.» Dans de tels systèmes, la cellule est à la fois un capteur et un médicament. Aucun signal extérieur n'est donc nécessaire pour déclencher la production du traitement, le doser ou l'arrêter.

Ainsi, Martin Fussenegger travaille aussi sur des cellules qui reconnaissent les prémices d'une réaction allergique à l'aide de substances de signal et qui sécrètent alors une protéine anti-allergène. Les personnes allergiques pourraient ainsi se passer de croquer un comprimé et ne remarqueraient peut-être même pas que dans leur organisme une réaction allergique est en train d'être étouffée



Des gouttelettes de graisse circulent dans de microscopiques canaux. Des processus cellulaires sont répliqués dans des systèmes similaires.

«Nous ne produisons pas non plus des hormones du bonheur en permanence, mais uniquement lorsque nous en avons réellement besoin.»

Martin Fussenegger

dans l'œuf. D'autres groupes de travail de son département modifient des cellules de manière qu'elles débusquent et combattent celles qui sont cancéreuses.

«Nous ne sommes pas les inventeurs géniaux de ces systèmes, qui fonctionnent en réalité comme la nature les a faits, relativise le scientifique. Notre organisme ne produit pas non plus des hormones du bonheur ou des substances anti-inflammatoires en permanence, mais uniquement lorsque nous en avons réellement besoin.» C'est clairement là que réside l'avantage par rapport aux médicaments conventionnels qui sont pris en continu et à dose fixe. Actuellement, on ignore encore si la méthode fonctionne également sur l'être humain, quel type de cellules corporelles s'y prête le mieux et combien de temps une telle reprogrammation perdure dans l'organisme.

Du mucus de bactéries capture des particules d'or

L'idée de Yolanda Schærli de l'Université de Lausanne peut sembler tout aussi futuriste. Elle aimerait transformer des bactéries en biomatériaux inédits. «Ceux-ci seraient non seulement durables et biodégradables, mais pourraient aussi repousser et se réparer eux-mêmes», dit la professeure de biologie synthétique. Elle est également membre du Pôle de recherche national Microbiomes. Le point de départ de son projet est la couche de mucus dont s'entourent les colonies de bactéries. Ces biofilms sont déjà utilisés aujourd'hui pour nettoyer les eaux usées dans les stations d'épuration. Yolanda Schærli et d'autres groupes de scientifiques ont analysé la manière dont les bactéries communiquent entre elles dans un tel biofilm et se comportent diversement selon le lieu et le moment.

En utilisant des circuits synthétiques, les chercheuses parviennent déjà à les pousser à suivre un schéma artificiel dans les communautés de bactéries. Yolanda Schærli a par exemple conçu un circuit génétique qui fonctionne comme un interrupteur. Pour le prouver, elle a créé des bactéries qui luisent en vert ou en rouge selon la position de l'interrupteur.

Pour l'instant, il ne s'agit encore que d'un gadget: «Au lieu de produire de la couleur verte ou rouge, nous pouvons programmer les bactéries pour remplir d'autres fonctions plus utiles», explique-t-elle. Elle travaille ainsi au développement de biofilms pour des applications électroniques. A cette fin, elle modifie les gènes des protéines de la couche de mucus extra-cellulaire pour leur permettre de fixer les particules d'or qui conduisent l'électricité. Sur un biofilm, les scientifiques peuvent ainsi créer des pistes conductrices. Il est aussi envisageable d'intégrer des éléments qui détectent et décomposent certaines substances toxiques. «L'évolution a produit ce qui était utile dans la nature. Mais ce ne sont pas forcément les propriétés que nous souhaitons pour nos applications», explique Yolanda Schærli. La biologie synthétique doit maintenant venir combler ces lacunes.

Yvonne Vahlensieck est journaliste indépendante à Ettingen (BL).

Les Flagships ont-ils conquis de nouvelles terres ou sont-ils échoués?

Au cours de près de dix ans de voyage, les Flagships européens, vaisseaux amiraux de la recherche valant des milliards, ont parfois traversé des eaux tumultueuses. Nous avons étudié les carnets de bord des projets sur le graphène et le cerveau, et osons un regard sur la technologie quantique et celle des batteries.

Texte Edwin Cartlidge Illustrations Chi Lui Wong

«Notre mission est de construire un modèle informatique détaillé et réaliste du cerveau humain.» C'est ainsi que Henry Markram, un neuroscientifique de l'EPFL, s'exprimait lors d'une conférence TED en 2009. Il décrivait ainsi ce qui serait bientôt connu sous le nom de Human Brain Project (HBP), une tentative extrêmement ambitieuse de reproduire l'intégralité du fonctionnement du cerveau dans un superordinateur. L'idée était non seulement d'approfondir la compréhension scientifique de cet organe mystérieux, mais aussi de trouver de nouveaux traitements pour les troubles mentaux avec la possibilité d'abandonner les expériences sur les animaux. Cette vision grandiose devait se traduire très concrètement par un financement de la recherche à hauteur d'un milliard d'euros. Henry Markram et ses collègues ont reçu cet argent lorsque le projet a été choisi par la Commission européenne en 2013 pour devenir, sur dix ans, l'une des initiatives phares des technologies futures et émergentes européennes du programme Flagships. Un seul autre projet a obtenu le même statut: une initiative visant à exploiter l'immense potentiel technologique du graphène. Ce matériau, composé d'une seule couche d'atomes de carbone, possède une combinaison idéale de propriétés: il est solide, transparent, flexible et conducteur d'électricité et de chaleur. Grâce à la collaboration de dizaines d'institutions de recherche à travers l'Europe, les deux Flagships devaient atteindre des objectifs à long terme qui seraient hors de portée des programmes nationaux.

Aujourd'hui, près d'une décennie plus tard, les deux méga-projets approchent du port – c'était du moins le plan. Les parcours réalisés par l'un et l'autre ont été très différents. L'initiative consacrée au graphène garde le cap. Toutefois, la totalité du montant alloué d'un milliard ne sera entièrement investie que vers 2027 environ, ce qui prolonge la durée du programme de plusieurs années. Le projet HBP, quant à lui, n'a finalement dépensé qu'un peu plus de 600 millions d'euros. Ce, selon les indications des directeurs de recherche respectifs.

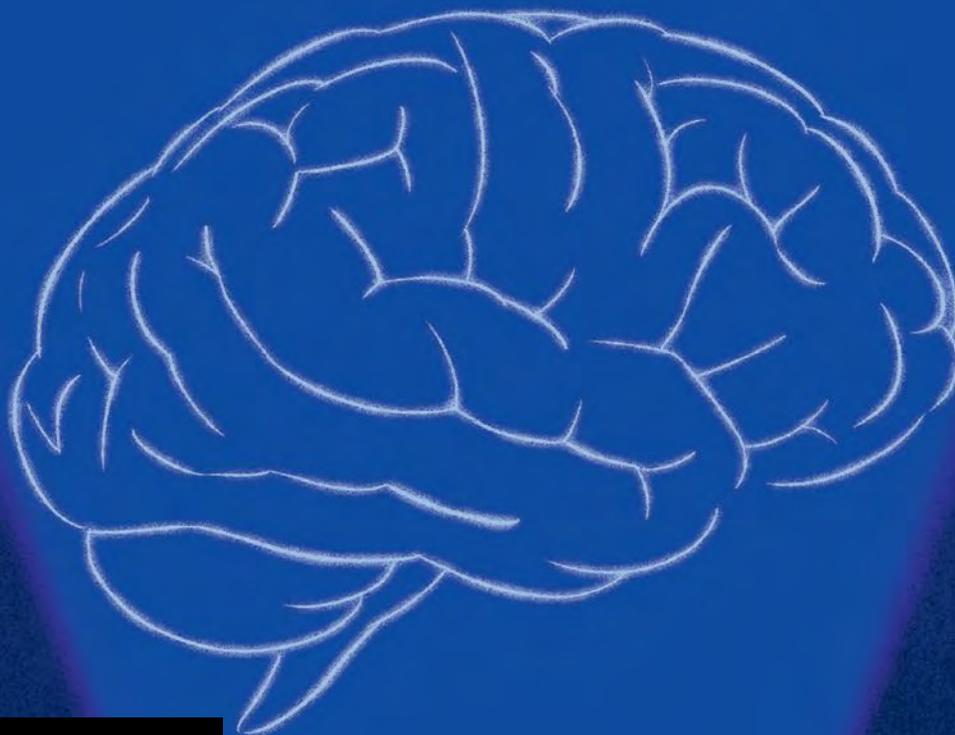
Les fortunes diverses des deux projets sont suivies de près par les responsables de deux autres flagships sélectionnés, portant l'un sur les technologies quantiques, l'autre sur les batteries. Les communautés de recherche concernées suivent également de près les Flagships pionniers. Alors que la communauté du graphène est enthousiasmée par les découvertes, de nombreux chercheurs en neurosciences, en dehors de la direction du HBP, considèrent que les objectifs de ce dernier ne sont pas atteints. Ainsi, pour Kevan Martin, ancien codirecteur de l'institut de neuro-informatique de l'Université de Zurich et de l'ETH Zurich, «il est évident pour tous» que le projet de simuler un cerveau humain a échoué.

Le concept des Flagships a été lancé par la Commission européenne fin 2009 dans le cadre de son programme «Technologies futures et émergentes». Celui-ci vise à développer de nouvelles technologies de

l'information et de la communication. En 2013, lors de l'annonce des lauréats, la Commission a déclaré qu'elle allait financer la moitié de chaque projet avec la moitié d'un milliard d'euros, l'autre moitié devant être apportée par les gouvernements nationaux et l'industrie. L'ambiance a toutefois rapidement tourné au vinaigre. Sept mois seulement après le lancement du HBP, son comité exécutif, alors composé de trois membres, a décidé d'exclure les neurosciences cognitives et systémiques du projet. Cette décision a poussé près de 150 neuroscientifiques à écrire une lettre de protestation à la Commission. Suite à cela, une procédure de médiation a eu lieu sous la direction de Wolfgang Marquardt, président du conseil d'administration du Centre de recherche Jülich en Allemagne. Résultat: le comité de trois personnes a été dissous et remplacé par les onze responsables des sous-projets du HBP. L'actuelle directrice scientifique du HBP, Katrin Amunts, également de Jülich, voit l'évolution depuis lors comme très positive. Des connaissances qui n'auraient pas été possibles sans le projet auraient été acquises, notamment des travaux qui permettent de déterminer la région du cerveau qui doit être enlevée en cas d'épilepsie. De plus, le programme offre aussi aux chercheuses un accès en ligne à des ensembles de données neuroscientifiques, à un atlas du cerveau et à des outils de simulation via l'infrastructure d'Ebrains. Yves Frégnac du CNRS en France voit les choses autrement et critique le fait qu'Ebrains est loin d'être la base de données promise comme pièce maîtresse du HBP. Les données nécessaires, organisées et librement accessibles, sur les différents niveaux de détail du cerveau font défaut. Il ajoute que cette situation est emblématique de ce qu'il appelle «l'économie des promesses» avec laquelle Henry Markram a vanté le HBP. Pour gagner un concours phare, «il faut peut-être promettre d'aller sur la lune, même si ce n'est pas prévu», de l'avis d'Yves Frégnac.

Les produits ne décident pas encore du quotidien

Le Graphene Flagship a fait un voyage plus tranquille. Selon son directeur, Jari Kinaret de l'Université de technologie de Chalmers, en Suède, cette initiative phare a généré quelque 150 publications universitaires et plus de 13 demandes de brevet pour chaque dizaine de millions d'euros investie – dix fois plus que ce que la Commission avait demandé. Certes, dans de nombreux cas, il a fallu plus de temps que prévu pour sortir les appareils des laboratoires universitaires et les mettre sur le marché. Mais 15 nouvelles entreprises issues du programme sont «tout à fait remarquables». Il ignore toutefois si elles ont réalisé des bénéfices. D'autres acteurs impliqués ou proches de ce Flagship partagent l'enthousiasme de Jari Kinaret. Pour Andre Geim de l'Université de Manchester au Royaume-Uni, qui a partagé un Prix Nobel pour son travail sur le graphène, les résultats du programme de recherche et la création de nouvelles entreprises «ont dépassé les at-



Human Brain Project

Objectif: simulation du cerveau humain
Financement: plus de 600 millions d'euros, 2013 à 2023

Le projet réunit plus de 500 chercheuses et chercheurs de quelque 120 universités, instituts de recherche et entreprises. Il est né du Blue Brain Project, une tentative menée par Henry Markram et des collègues de l'EPFL, associés à IBM, de modéliser une section du cortex de rat dans les moindres détails. L'idée était d'étendre cette approche de rétro-ingénierie pour qu'à la fin de la décennie que devait durer le projet, le Human Brain Project livre une simulation réaliste du cerveau humain dans son ensemble. Cette ambition a toutefois été assez rapidement revue à la baisse, l'objectif étant d'abord de créer un modèle – réaliste ou non – à partir de toutes les connaissances existantes sur le cerveau, avant de devenir un objectif essentiellement technologique – la construction d'un supercalculateur pour la modélisation du cerveau, dont l'utilisation serait ouverte à tous les neuroscientifiques.

Graphene Flagship

Objectif: développer des applications pour le graphène

Financement: un milliard d'euros, 2013 à 2027

Quelque 170 groupes d'universités et d'entreprises de 22 pays travaillent à l'exploitation commerciale des propriétés exceptionnelles du graphène, un matériau composé d'une seule couche d'atomes de carbone. Il s'agit de surmonter la fragmentation de l'industrie européenne, notamment l'absence de fabricants d'appareils qui comblent le fossé entre la production de matériaux et l'intégration de systèmes. Sur les 15 nouvelles entreprises créées à ce jour dans le cadre du programme, la plupart utilisent de petites paillettes de graphène produites à partir de graphite. Trois d'entre elles produisent directement le matériau par un dépôt chimique de gaz sur une surface. Une entreprise développe des électrodes pour mesurer et stimuler le cerveau, les deux autres fabriquent des photodétecteurs sensibles – pour distinguer les différents types de plastique lors du recyclage ou pour les voitures autpropulsées.

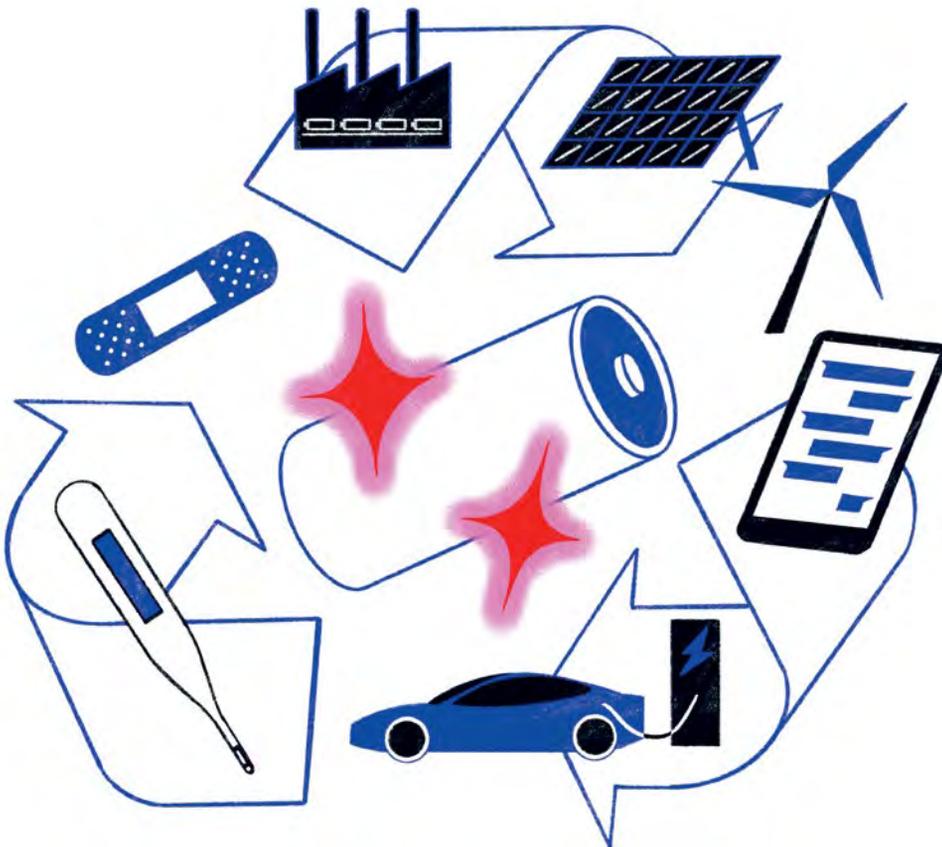


BATTERY 2030+

Objectif: développement de batteries performantes, sûres, abordables et durables

Financement: 140 millions d'euros au moins, 2018 à 2026

Ce programme réunit des scientifiques des universités et de l'industrie pour développer les batteries du futur et les faire construire par des entreprises en Europe. Elles doivent notamment être performantes et avoir une longue durée de vie. Le développement de nouvelles technologies de capteurs et d'auto-régénération ainsi qu'une fabrication plus efficace et un meilleur recyclage font également partie de ces objectifs. Officiellement, Battery 2030+ n'est pas un programme phare, mais fait partie de l'initiative septennale European Battery Partnership, financée par la Commission européenne à hauteur de 930 millions d'euros. Lancée en 2018, elle dispose d'un budget plutôt modeste de 41 millions d'euros jusqu'en 2023. Pour les trois années suivantes, près de 100 millions supplémentaires devraient toutefois être disponibles. Reste à savoir ce qu'il en sera après 2026.

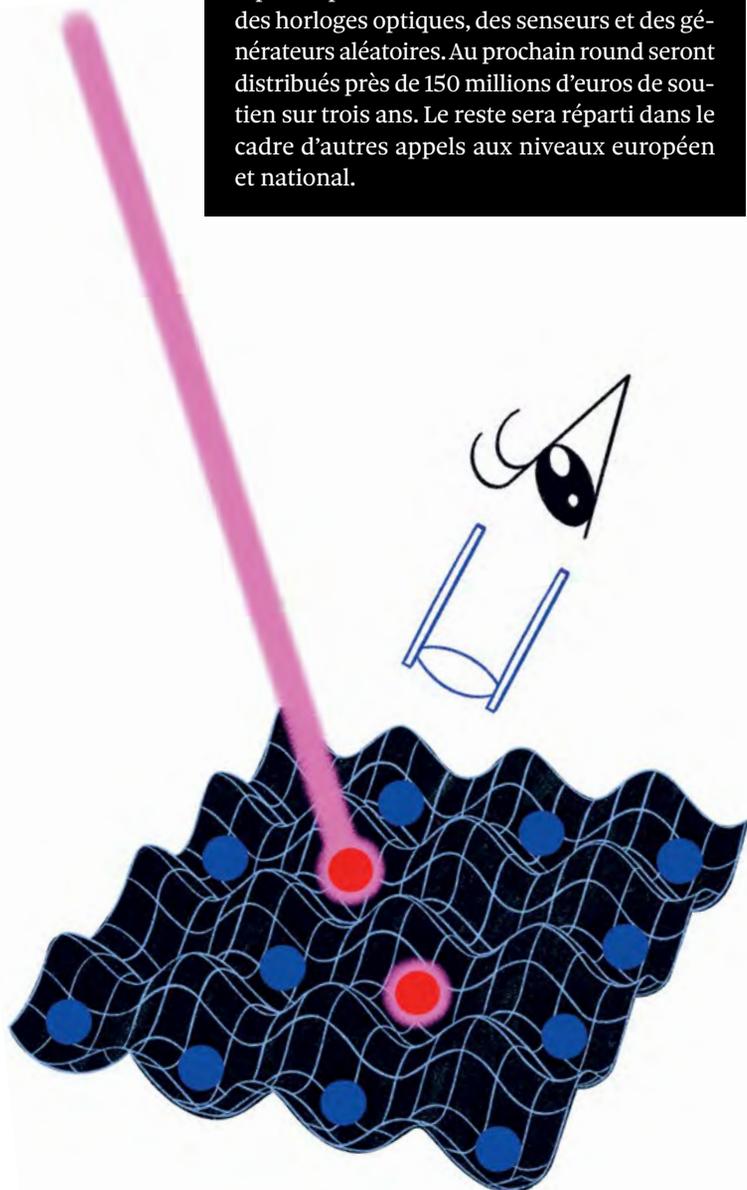


Quantum Flagship

Objectif: développer une industrie quantique européenne compétitive

Financement: 7,5 milliards d'euros, 2018 à 2028

Le projet vise la commercialisation d'une technologie basée sur les lois de la physique quantique et va soutenir près de 5000 scientifiques sur dix ans. Au premier appel à projets lancé en 2016, 140 consortiums ont répondu, dont 20 ont reçu un total de 130 millions d'euros. Quatre d'entre eux visaient le développement de la communication quantique, deux la construction d'ordinateurs quantiques – l'un avec des bits quantiques supraconducteurs, l'autre avec des ions piégés – et deux le développement de simulateurs quantiques avec des atomes maintenus dans des grilles créées et manipulées par des lasers. D'autres travaillant sur des horloges optiques, des senseurs et des générateurs aléatoires. Au prochain round seront distribués près de 150 millions d'euros de soutien sur trois ans. Le reste sera réparti dans le cadre d'autres appels aux niveaux européen et national.



tentes les plus raisonnables». Andrea Ferrari, directeur du Cambridge Graphene Centre, aussi en Angleterre, décrit pour sa part l'initiative comme un «succès retentissant dans l'ensemble», même si parfois le travail administratif était frustrant. Malgré le succès du Flagship consacré au graphène, il semble que la Commission européenne ne tienne pas à réitérer l'expérience. Pour les deux prochains programmes de ce type (Quantum Flagship et BATTERY 2030+), elle a d'abord attribué les domaines au lieu de lancer un nouveau concours. Elle a ensuite lancé des appels correspondants.

Selon Tommaso Calarco, l'un des coordinateurs du Quantum Flagship, cela vise à combler l'écart avec la Chine et les États-Unis, qui affichent tous deux des progrès importants dans ce domaine. La Chine a construit un tronçon de fibre à cryptage quantique d'une longueur de 2000 kilomètres et lancé un satellite de communication quantique, tandis que les riches entreprises américaines de haute technologie, en particulier Google, continuent d'améliorer les processeurs pour l'informatique quantique. Tommaso Calarco déplore que, bien que les chercheuses européennes mènent des recherches fondamentales pionnières, leurs efforts pour commercialiser leurs résultats soient insuffisants. «L'industrie européenne ne manque pas de vision ou de courage, mais simplement d'argent», dit-il.

En compensation, la Commission européenne et les gouvernements nationaux ont injecté des sommes toujours plus grandes dans la recherche quantique. Tommaso Calarco affirme que, comparé au budget initial d'un milliard, Quantum bénéficiera désormais de 7,5 milliards d'euros sur dix ans, appels à programmes nationaux inclus. La Commission a quadruplé sa part d'un demi-milliard, et les gouvernements nationaux investissent collectivement même dix fois plus.

Alors que le Quantum Flagship est quasi submergé de fonds et que celui sur le graphène devrait se poursuivre pendant au moins quatre ans encore, d'autres sortent les mains vides. Six autres prétendants à deux ou trois initiatives de financement supplémentaires attendaient une décision en 2020. Or, la Commission les a informés que le nouveau programme-cadre de recherche Horizon Europe n'avait finalement pas de place pour les initiatives phares de 2021 à 2027.

Pour Alexandre Pouget de l'Université de Genève, cela n'est pas forcément négatif. Critique véhément du HBP, il estime que les neurosciences pourraient mieux bénéficier de petits projets émanant spontanément de groupes de chercheuses, plutôt que de l'approche descendante typique des Flagships. A cette fin, il travaille dans un réseau international de 21 laboratoires de neurosciences, doté de 30 millions d'euros, qui réalise des travaux coordonnés sur un sujet donné. En l'occurrence sur une tâche de prise de décision complexe chez la souris. Le résultat devrait bientôt être publié sous la forme d'une carte du cerveau. Alexandre Pouget pense que les neuroscientifiques doivent s'inspirer de l'esprit de collaboration des physiciens, surtout en matière de développement conjoint d'outils puissants. Bien que coûteuses, les grandes installations de physique ont souvent un prix justifié selon lui. L'observatoire d'ondes gravitationnelles LIGO coûte environ un milliard d'euros, mais sans cet outil, les physiciens n'auraient jamais détecté ce type de radiations. Ainsi, il serait favorable à un audit indépendant et transparent du HBP, afin de déterminer si la recherche qui en résulte s'est avérée utile – ou pas. «Quand on dépense de telles sommes, les résultats doivent être tout aussi spectaculaires», estime-t-il.

Edwin Cartlidge est journaliste scientifique à Rome.

«Le vol d'œuvres d'art par les nazis était un élément important du génocide»

Huit ans après le legs inattendu de Cornelius Gurlitt, Nikola Doll, directrice du département de recherche de provenance du Kunstmuseum de Berne explique pourquoi elle ne manquera pas de travail de sitôt.

Texte Astrid Tomczak-Plewka Photo Ruben Wyttenbach

Le Conseil national a décidé que la Suisse devait se doter d'une commission consacrée à l'art spolié. A quoi sert-elle?

La Suisse a adopté en 1998, avec 43 autres Etats, les Principes de Washington applicables aux œuvres d'art confisquées par le régime nazi. L'Allemagne, l'Autriche, les Pays-Bas, la Grande-Bretagne et plus récemment la France ont ensuite mis en place des commissions d'arbitrage pour les cas litigieux. Chez nous, il est également apparu que les musées et les collections évaluaient différemment les cas d'art spolié. L'objectif d'une harmonisation des critères d'évaluation serait aussi souhaitable du point de vue de la recherche.

Le Kunstmuseum de Berne est considéré comme exemplaire dans le traitement de ce problème alors que le Kunsthaus de Zurich a été très critiqué pour sa gestion de la collection Bührle. Pourquoi ces approches différentes?

Les questions sont les suivantes: s'agit-il d'un grand musée avec des capacités adéquates ou d'une petite institution? Existe-t-il des collections dont les changements de propriété entre 1933 et 1945 sont inconnus ou non documentés? Soupçonne-t-on déjà que certaines œuvres ont été volées par le régime national-socialiste ou y a-t-il même déjà eu des demandes de restitution? Par l'acceptation, en novembre 2014, des 1600 œuvres du legs de Cornelius Gurlitt, le Kunstmuseum de Berne s'est en quelque sorte contraint à faire face à ces questions de façon active et transparente.

L'affaire Gurlitt a-t-elle donné un nouvel élan à la recherche de provenance?

Avec la découverte d'œuvres d'art appartenant à Gurlitt, le «Trésor de Schwabing» comme on l'a d'abord appelé en Allemagne, le vol d'œuvres d'art par le régime nazi et donc la recherche de provenance sont devenus un thème public et sociopolitique. Un thème qui, après l'acceptation du legs Gurlitt par le Kunst-



museum de Berne, a aussi trouvé un écho public en Suisse. Pour le musée, l'acceptation de l'héritage était liée à la mise en place d'une recherche systématique de provenance et à une gestion transparente des résultats. C'est pourquoi il a publié, l'an dernier, la banque de données «Der Nachlass Gurlitt». En 2014, toutefois, la Suisse s'est aussi demandé ce qui s'était passé sur un plan plus général depuis l'adoption des Principes de Washington en 1998 et le rapport de la Commission Bergier.

Et comment a réagi la Suisse officielle?

Une des réactions a été que l'Office fédéral de la culture accorde aux musées suisses des aides financières à la recherche de provenance à partir de 2016.

A l'époque nazie, les œuvres ont changé de mains de bien des manières – spoliations, ventes forcées, mais aussi par le commerce d'art officiel...

Le vol d'œuvres d'art par les nationaux-socialistes ne reposait pas que sur les confiscations, soit des confiscations sans compensation. Par le biais de lois, d'ordonnances ou d'impôts spéciaux, l'Etat allemand a successivement privé les juifs et les opposants au régime de leurs moyens d'existence. Dans ce contexte, des objets de valeur tels que des œuvres d'art ou des bijoux ont été vendus. La recherche de provenance reconstitue alors les circonstances dans lesquelles un objet a été mis sur le marché. A-t-il été vendu volontairement, sous la pression ou la violence, ou parce que les propriétaires – en difficultés financières car victimes de persécutions – y étaient contraintes?

La recherche de provenance porte-t-elle également sur la situation des artistes de l'époque? Je pense ici en particulier à l'action «Art dégénéré».

Sur les traces de l'art spolié

Nikola Doll dirige depuis 2017 le département de recherche de provenance du **Kunstmuseum** de Berne. Elle a été commissaire d'exposition sur le legs Gurlitt en 2017 et 2018 et élabore actuellement l'exposition «**Gurlitt. Un bilan**» (16.09.2022 – 15.01.2023). Elle a été collaboratrice scientifique du **projet de recherche «Geschichte der Kunstgeschichte im Nationalsozialismus»** et, notamment, commissaire de l'exposition «**Kunst und Propaganda im Streit der Nationen 1930 – 1945**» au Musée historique allemand de Berlin en 2007.

Dans le cadre de cette action, des œuvres d'art moderne ont été saisies dans des collections ou des musées allemands, sur instruction d'Adolf Hitler mise en œuvre par le Ministère de la propagande et légitimée par une loi en mai 1938. L'action fut une mesure de politique culturelle qui visait les musées. Les artistes n'étaient pas concernés au premier chef.

N'ont-ils pas en partie été soumis à une interdiction d'exercer?

L'Etat national-socialiste contrôlait la vie culturelle par le biais de la Chambre de la culture du Reich, fondée en 1933. Pour travailler comme artiste plasticien ou marchand d'art, il fallait être membre de cette chambre. Les opposants au régime n'y avaient pas accès. Et après la promulgation des lois dites de Nuremberg, en septembre 1935, tous les juifs et toutes les juives en furent exclues. Des interdictions explicites d'exercer n'ont cependant été prononcées que rarement.

L'hypothèse inverse est cependant largement répandue...

Le fait que le régime national-socialiste ait prononcé des interdictions professionnelles n'a été souligné fréquemment qu'après la Seconde Guerre mondiale. C'était un moyen pour d'anciens acteurs de se présenter en victimes et de se placer au même niveau que ceux et celles qui avaient effectivement été persécutés.

Hildebrand Gurlitt en est un exemple. Il présentait de manière unilatérale son activité de marchand d'art durant le nazisme comme le sauvetage de l'art moderne, diffamé comme étant dégénéré. Ainsi, il a gardé le silence sur son négoce dans les territoires occupés pendant la guerre et sur ses achats pour la «commande spéciale de Linz», c'est-à-dire pour le Führermuseum d'Hitler, ou encore sur ses acquisitions auprès de juifs persécutés.

Le concept de recherche de provenance est presque toujours associé au nazisme – pourquoi?

La recherche de provenance fait depuis toujours partie de l'histoire de l'art, de l'histoire des musées et du marché de l'art. Les Principes de Washington, adoptés en 1998, stipulent que le vol d'œuvres d'art et de biens culturels par les nazis a constitué un élément important du génocide. Ce qui a modifié les exigences envers la recherche et le traitement des découvertes. Mais au cours des dernières années, la recherche de provenance s'est également imposée, par exemple pour les confiscations des fortunes socialistes dans les pays est-européens.

On retrouve également ce concept pour le pillage du patrimoine culturel dans le contexte colonial.

C'est exact. Entre-temps, la recherche de provenance pour les transferts de biens culturels et des dépossession dans le contexte colonial s'est mise en place, avec le soutien de l'Office fédéral de la culture. Dans les régions anciennement colonisées, par exemple d'Afrique ou d'Asie, les Etats actuels ont bien conscience non seulement de la perte de culture et de biens culturels due au colonialisme mais aussi de leur droit à la restitution des artefacts volés. Mais la recherche de provenance s'étend également aux vols d'œuvres d'art et de biens culturels commis aujourd'hui, par exemple aux pillages des musées pendant la guerre d'Irak ou aux fouilles à main armée durant la guerre en Syrie.

La recherche de provenance aura-t-elle un jour moins à faire?

En fait, lors de changements de propriétaires, une provenance lacunaire est la norme. Dans de rares cas, les changements de mains d'un artefact sont entièrement connus et documentés, depuis sa création jusqu'à aujourd'hui. Toutefois, les vols et les destructions de preuves claires de propriété qui ont accompagné la persécution et le massacre des juives et des juifs d'Europe – avec une telle ampleur de spoliation et de destructions de preuves évidentes de ce qui était autrefois leur propriété – nous placent devant des difficultés significatives. Et chaque lacune suscite des questions. Une chercheuse ou un chercheur peut au maximum effectuer le travail de clarification de base d'une centaine d'œuvres présentant des lacunes de provenance entre 1933 et 1945 par an. En cas d'indices d'art spolié par les nazis après ces travaux de base, les recherches plus approfondies peuvent parfois demander plusieurs années.

Vous et vos collègues aurez donc toujours du travail?

Dans la pratique, les œuvres d'art dont la provenance n'a pas été élucidée sont régulièrement réexaminées. Car l'exploitation de nouvelles archives ou le regroupement numérique de données peuvent livrer de nouvelles découvertes. Ou de nouveaux avis de recherche sont publiés dans les banques de données Lost Art ou Art Loss Register.

Astrid Tomczak-Plewka est rédactrice à Horizons.

Lorsque le manque de perspectives nourrit l'espoir

«Il n'y a pas de situation désespérée, il n'y a que des gens qui désespèrent» (anonyme)

Dans cette édition du magazine Horizons, la combinaison entre science et cinéma nous stimule. Pourtant, l'époque peut nous porter à penser que nous vivons «dans le mauvais film»: après les années de pandémie,

nous sommes maintenant témoins d'une guerre que nous pensions impossible, compte tenu de tout ce que l'humanité aurait dû apprendre. Mais regardons au-delà des citations dites désespérées, dans l'esprit de cette pensée évoquée en préambule: c'est en effet toujours une certaine absence de perspectives qui nous permet de voir plus loin et de trouver ainsi des raisons et des voies pour caresser de nouveaux espoirs.

Actuellement, nous nous engageons toutes et tous à tirer des enseignements de la pandémie et, forts de ce savoir, à aborder d'autres grandes questions telles que le climat, l'énergie et les technologies de transformation. Dans ces circon-

stances, la science a reconnu l'importance de prendre en compte le contexte sociétal pour communiquer en cas de crise ou quand il est question de survie. Cela signifie qu'il faut cultiver une vision de santé publique et socio-écologique et mener des échanges continus et itératifs entre les différentes actrices et acteurs tout en pesant les intérêts en jeu. C'est pourquoi le dialogue entre la science, la politique et la société est primordial. Des perspectives et donc de nouveaux espoirs naissent lorsque nous renforçons massivement cette courroie de transmission entre science et société. Cela, en définissant précisément les processus, ainsi que les rôles et les responsabilités de toutes les parties impliquées. La science doit se considérer comme faisant partie de la société et non comme une experte externe. Elle doit, à tout moment, montrer ce qu'elle sait et, aussi, ce qu'elle ignore. En d'autres termes: elle doit intégrer et exprimer l'incertitude. Ce n'est que de cette manière que sont créées sans cesse les bases d'options d'action défendables éthiquement qui vont conduire à des interventions en faveur de la société par le biais de processus de décisions sociopolitiques. La courroie de transmission de la science à la politique et à la société fonctionne si nous parvenons à retrouver une culture scientifique moins élitaire, moins activiste et/ou moins marquée par le carriérisme. En référence à ma reconnaissance et à mon profond respect pour la peinture naïve, je pense qu'il ne s'agit pas – en matière de science, voire dans tout domaine – de réaliser des prouesses à l'extérieur, mais uniquement de faire les choses ordinaires en reconnaissant leur valeur intrinsèque.

Photo: Annette Bontellier



Marcel Tanner est président des Académies suisses des sciences A+.

De la vie à la mort en images

Image: Patrick Fleming and Petronella Mill



Cadavre de porc en décomposition, soucoupe flottant sur un étang, visualisation d'un bâtiment historique en trois dimensions: la 6e édition du Concours FNS d'images scientifiques a, une nouvelle fois, reçu des œuvres illustrant la richesse et la diversité de la science. En plus des trois images et de la vidéo lauréates, dix autres œuvres se sont vu décerner une distinction. Envie de découvrir les mille facettes de la recherche scientifique? Les plus de 2300 images soumises depuis le début du concours peuvent être visionnées sur flickr.com, sous «SNSF Scientific Image Competition».

Recycler l'or des smartphones

Photo: mad



De nombreux appareils électroniques comme les téléphones portables ou les ordinateurs contiennent d'infimes quantités d'or. Si ces objets ne sont pas recyclés, les métaux précieux qu'ils renferment sont perdus et la pression sur l'extraction minière se poursuit. Avec leur projet lauréat du Prix Optimus Agora 2022, Wendy Queen et Mirko Bischofberger, de l'EPFL, veulent sensibiliser le public à cette thématique. Lors de différents événements et ateliers, les participantes et participants pourront comprendre comment récupérer l'or caché dans leur téléphone portable. Car dans son laboratoire valaisan, la chimiste a mis au point des molécules qui agissent comme des éponges et permettent de capturer l'or ou d'autres éléments rares dissous dans un liquide.

Libre accès sans embargo

A partir du 1er janvier 2023 au plus tôt, les scientifiques soutenus par le FNS devront rendre leurs articles immédiatement accessibles gratuitement, et non plus après six mois. Cette nouvelle règle découle de l'adhésion du FNS à la cOAlition S, la plus grande initiative mondiale d'organismes de financement de la recherche en faveur de l'open access. Parvenir à 100% de publications en libre accès est un objectif du FNS. Toutefois, il ne s'agit pas que de chiffres. «Nous ne voulons pas seulement atteindre 100%. Les publications doivent en premier lieu faire avancer la recherche», précise Matthias Egger, président du Conseil national de la recherche.

Mesures transitoires reconduites



Actuellement, la Suisse est toujours considérée comme un pays tiers non associé au programme Horizon Europe. Sur mandat de la Confédération, le FNS reconduit des mesures transitoires, par exemple les SNSF Advanced Grants et les SNSF Swiss Postdoctoral Fellowships. Ces deux mesures s'adressent aux chercheuses et chercheurs qui désiraient postuler pour un ERC Advanced Grant ou une bourse individuelle postdoctorale Marie Skłodowska-Curie (MSCA) en 2022.

Pour des services de santé durables

L'Académie suisse des sciences médicales (ASSM) a publié une feuille de route sur le thème «Environnement et santé». Les sept propositions formulées doivent guider l'ensemble des spécialistes de la santé dans l'élaboration de mesures concrètes et pratiques. Dans cette perspective, trois axes principaux ont été définis: réduire l'utilisation des services de soins, adapter les pratiques de soins aux besoins («médecine intelligente»), réduire les émissions des services de santé et améliorer leur efficacité environnementale. samw.ch/fr/Publications/Feuilles-de-route.html

Prix Schäfli 2022

Photo: mäd



L'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) a décerné le Prix Schäfli 2022 aux jeunes scientifiques Philippe Schwaller (chimie), Luca Dal Zilio (géosciences), Anna-Katharina Pfitzner (biologie) et Natasha Tomm (physique). Elle récompense ainsi leur thèse de doctorat visant respectivement à faciliter la synthèse chimique, mieux comprendre les tremblements de terre de grande envergure, décrypter les principes auxquels obéissent les processus de biologie cellulaire et produire des photons uniques pour sécuriser l'échange de données. Le Prix Schäfli 2022 est attribué depuis 1866. <https://scnat.ch/fr/awards/schlaefli>

Avantages à long terme

La 3e série de pôles de recherche nationaux (PRN) a permis de renforcer la position de pointe de la Suisse dans différents domaines de recherche: des robots intelligents pour améliorer la qualité de vie aux mécanismes synaptiques des maladies mentales. Soutenus par le FNS avec un montant total de 345 millions de francs, ces huit pôles, lancés en 2010, s'achèvent cette année. Mais les connaissances acquises dans le cadre de ces recherches perdureront. Les institutions hôtes des PRN ont notamment créé de nouveaux centres de recherche, des postes de professeurs et de nouveaux masters.

Pôles de recherche reconduits

Origine et évolution des planètes, rôle de l'ARN dans les mécanismes pathologiques, migration et mobilité, les huit pôles de recherche nationaux de la 4e série couvrent des thèmes très variés. Après les avoir positivement évalués, le FNS a décidé qu'ils seraient poursuivis les quatre prochaines années. Les pôles de recherche nationaux encouragent des projets stratégiques pour la science, l'économie et la société suisse. Ces projets pourront compter sur une enveloppe de 85,9 millions de francs pour leur dernière phase d'encouragement.

Les 70 ans du FNS

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, une chose était claire pour les organisations faitières œuvrant dans le domaine scientifique: la Suisse se devait de rétablir le lien avec la recherche internationale. Le 1er août 1952, celles-ci ont donc fondé à cette fin le Fonds national suisse (FNS), auquel le Conseil fédéral a alloué les moyens nécessaires. Le FNS a choisi dès le début d'attribuer ses subsides selon une procédure concurrentielle. Il finance les meilleurs projets de recherche dans toutes les disciplines grâce à des fonds publics. En tant que fondation dédiée aux chercheuses et aux chercheurs, il prend ses décisions en toute indépendance, avec l'excellence scientifique pour seul objectif. Aujourd'hui, le FNS investit annuellement presque un milliard de francs dans quelque 2400 projets. La recherche scientifique suisse joue un rôle de premier plan et entretient un réseau de relations étroites au niveau international. Afin que cela reste ainsi, le FNS développe en permanence son encouragement en l'adaptant aux défis du XXIe siècle.

Prix de la Relève 2022

Photo: mäd



L'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH) récompense chaque année de jeunes chercheuses et chercheurs pour la qualité de leur article paru dans une publication scientifique. En 2022, le Prix de la Relève or a été décerné aux politologues Florian Foos (London School of Economics à la date de publication) et Daniel Bischof (Université de Zurich) pour leur travail dédié à l'influence des médias sur les opinions politiques. Le Prix de la Relève argent a, quant à lui, été attribué aux historiens Felix Frey (Université de Berne) et Anne E. Hasselmann (Musée historique de Bâle) qui se sont intéressés à la conception soviétique de l'être humain et de l'environnement. Enfin, le Prix de la Relève bronze a distingué la psychologue Thalia Cavadini (Université de Genève) pour son travail sur les aptitudes mathématiques des jeunes enfants. www.sagw.ch/nachwuchspreis-2022

Horizons 132, Dossier
«Vers la ville idéale»

Que du béton et du gigantisme

Horizons promet en couverture une ville idéale. Mais on n'a droit à ce propos qu'à de maigres retouches à une urbanisation effrénée, qui donnent marginalement l'impression de tenir compte des problèmes que posent les îlots de chaleur urbains et peut-être aussi une circulation démentielle. En fait, dans les textes et surtout dans l'iconographie, il n'y a de place que pour le béton, le gigantisme et l'hyperdensité, comme s'il s'agissait là de paramètres exemplaires. Et c'est justement de cela que nous souffrons actuellement: les villes, écrasantes et inhu-

maines, s'étendent à l'infini, absorbant évidemment leur périphérie agricole ou villageoise. Le problème fondamental, c'est la surpopulation humaine. Tant que celui-ci n'est pas affronté, toutes les autres considérations ne sont que vaines rêveries.

Jurek Estreicher,
informaticien, Confignon

Horizons 132, p. 15, Infographie:
«2000 ans de pandémies»

Distorsion

Les infographies rendent les relations visibles. Elles constituent le pont indispensable entre les connaissances scientifiques et leur intelligibilité – tant pour les scientifiques que pour le public.

Mais elles peuvent aussi induire en erreur. Le graphique sur les victimes des pandémies historiques peut paraître esthétique, mais sa représentation en perspective fausse les proportions et donc le message des données sous-jacentes. Or, en particulier sur des thèmes sociétaux controversés tels que le Covid-19, la science ne doit pas mettre en péril sa crédibilité en offrant des angles d'attaque à des théories déstabilisantes. L'opinion selon laquelle les infographies ne peuvent pas être à la fois attrayantes et précises quant à leur contenu est incorrecte et ne justifie pas la reproduction de déclarations biaisées.

Basil Huwyler, graphiste, Bâle

Erratum

La référence donnée dans l'article «Les œufs de durée survivent à la sécheresse» (Horizons 133, p. 10) était erronée. La référence exacte est: J. L. Santos and D. Ebert: Trehalose provisioning in *Daphnia* resting stages reflects local adaptation to the harshness of diapause conditions. *Biology Letters* (2022)

Horizons va au cinéma

Le cinquième Global Science Film Festival aura lieu en 2023. Il présentera des productions cinématographiques actuelles dont la science et la recherche seront les stars. Au centre du festival, des points de vue critiques sur des questions qui s'imposent dans un monde globalisé. Le festival débutera le 31 mars à Bâle et à Lugano, ainsi que les 1er et 2 avril à Zurich. En automne aura lieu une présentation à Berne. La rédaction d'Horizons se mettra aussi sous les projecteurs pour animer des discussions publiques sur les films. sciencefilm.ch

Votre avis nous intéresse!

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) ou sur Facebook [@horizonsmagazine](https://facebook.com/horizonsmagazine). Courrier des lecteurs à envoyer au plus tard le 7 octobre 2022.

**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 amis et à vos amies.

Vous avez changé d'adresse ou avez une question concernant votre abonnement? Adressez-vous à notre service d'abonnement: abo@hrevue-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.
35e année, no 134, Septembre 2022.

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

facebook.com/horizonsmagazine
twitter.com/horizons_fr

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

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 Huether
Magali Zublin

Correction
Samira Payot

Rédaction en chef
Christophe Giovannini (cgi)

Editeurs
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. Début 2022, plus de 5500 projets étaient en cours, avec la participation de près de 200 000 chercheuses et chercheurs. Le FNS constitue ainsi la principale institution de promotion de la recherche du pays.

Les Académies suisses des sciences s'engagent sur mandat de la

Confédération en faveur d'un dialogue équitabile entre la science et la société. Elles représentent la science, chacune dans leur domaine respectif, mais aussi de façon interdisciplinaire. Leur ancrage dans la communauté scientifique leur permet d'avoir accès à l'expertise de quelque 100 000 chercheurs.

Impression, lithographie et gestion des abonnements
Stämpfli SA, Berne et Zurich; impression climatiquement neutre, myclimate.org

Papier: Lessebo Rough White, Magno Star

Typographie: Caslon Doric, Sole Serif

Tirage
14 900 français
32 600 allemand

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

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

Faut-il plus de chaires à temps partiel dans les hautes écoles?

OUI «Une manière dégradée d'exercer le métier de professeur», voilà comment des collègues voient le travail à temps partiel, par exemple en job-sharing. On n'est pas obligé de partager cette opinion qui reflète par ailleurs une singulière image de soi. Des

chaires à temps partiel me semblent plutôt un atout pour les hautes écoles.

A celles et ceux qui le pratiquent, le job-sharing offre la perspective d'avoir une vie à côté de l'université: partager les tâches ménagères, l'éducation des enfants, permettre une carrière à sa compagne ou à son compagnon, s'engager dans des activités militantes, sociales, sportives ou artistiques. Tout le monde n'a pas l'ambition de voir graver sur sa pierre tombale: «Il n'a vécu que pour l'université.»

Pour le corps étudiant, les avantages semblent évidents: deux professeurs ou professeures en job-sharing représentent deux sensibilités, deux tempéraments, deux manières d'aborder les problèmes, deux carnets d'adresses, deux fois plus de temps pour l'accompagnement d'un mémoire ou d'une thèse, deux fois plus de projets au Fonds national suisse.

Le job-sharing est utile aussi pour la relève. Il n'a pas pour vocation de devenir un modèle généralisé, toutefois l'opportunité offerte de travailler à temps partiel autorise des plans de carrière différents et augmente le

nombre de places stabilisées à l'université. Ce n'est pas négligeable face à une relève bien formée mais trop souvent sacrifiée. Les hautes écoles auraient intérêt à ne pas se braquer sur un modèle standard unique: le ou la scientifique qui ne pense qu'à sa carrière, qui enchaîne frénétiquement les bourses, les séjours à l'étranger et les articles scientifiques.

Pour répondre à la crise actuelle de l'université, dont plusieurs pétitions récentes ont montré la gravité, le job-sharing est un moyen à mettre en œuvre parmi d'autres, il serait dommage de s'en priver. La diversité professorale a tout à y gagner. Et avec elle, la recherche. Pour preuve, la carrière du professeur à mi-temps Indiana Jones.



«Tout le monde n'a pas l'ambition de voir graver sur sa pierre tombale: «Il n'a vécu que pour l'université.»»

Alain Clavien est professeur émérite d'histoire contemporaine à l'Université de Fribourg. Il est expert des médias, des mouvements ouvriers, des intellectuels et de la vie culturelle.

NON La revendication d'une augmentation du nombre de chaires à temps partiel est due à trois problèmes structurels de l'université: le manque de postes pour la relève et la précarité des conditions de travail du corps intermédiaire, la sous-représentation des femmes et la charge de travail lors d'un emploi fixe de professeure. Ces problèmes sont réels et attendent une solution, mais pas celle des chaires à temps partiel. Celles-ci peuvent, dans certains cas, répondre aux besoins d'un scientifique à un moment de sa vie. Mais il ne s'agit pas d'une solution générale aux problèmes structurels des universités. En particulier si, comme souvent proposé, le poste en job-sharing est mis au concours comme emploi à 50% avec un salaire réduit en conséquence et le partage des infrastructures. Cela permet certes à deux personnes plutôt qu'à une seule d'obtenir un poste. Toutefois, vu l'importance du statut à l'université, il est peu probable qu'elles soient considérées comme des professeures à part entière. Ce, d'autant plus qu'elles ne disposent que d'une demi-voix dans les instances académiques, sur la base de ce mi-temps.

Or, à quoi faut-il consacrer le pourcentage de temps restant? A concilier science et vie familiale? Ou à disposer de plus de temps pour la recherche qui passe souvent après le travail administratif? Dans le premier cas, le risque serait grand que plus de femmes postulent. Sans le vouloir, cela renforcerait indirectement le modèle familial patriarcal. Dans le second, une tâche du cahier des charges serait reportée sur le temps libre non rémunéré. La politique en serait satisfaite et ne manquerait pas l'occasion de flexibiliser les engagements et d'aligner le niveau salarial suisse sur ceux de l'Allemagne ou de la France. Au lieu de solutions individuelles, il serait plus adéquat de procéder à des réformes fondamentales avec des hiérarchies plus plates et une redistribution des moyens pour créer de nouveaux postes et une réduction globale de la charge de travail.



«Vu l'importance du statut à l'université, il est peu probable que les gens qui travaillent à 50% soient considérés comme professeurs à part entière.»

Brigitte Studer est professeure émérite d'histoire suisse et d'histoire contemporaine générale. Elle mène des recherches sur l'Etat social, les mouvements féminins et le communisme international.

«La fonction
éducative du
cinéma est le rêve
de tout cinéaste
activiste et de
tout service
de propagande.»