

ÉTÉ 2021 01

Dimensions

LE MAGAZINE DE L'ÉDUCATION, LA RECHERCHE ET L'INNOVATION DE L'EPFL



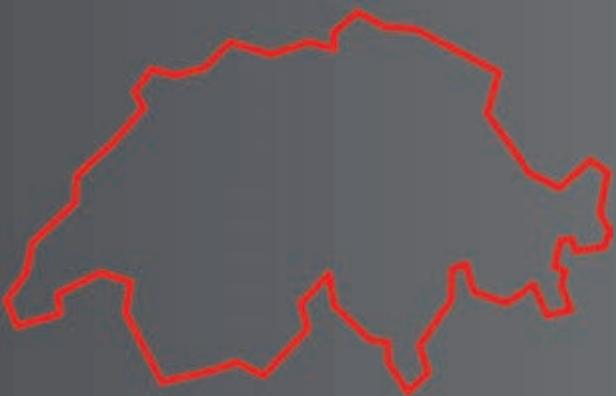
RÉALITÉS PARALLÈLES

Un guide de survie pour le monde numérique

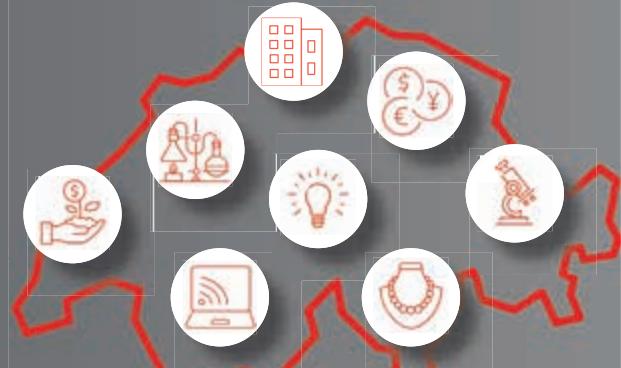
Médecine. Une aorte artificielle réduit la pression sanguine **Interview.** Rodrigo Schmidt, alumni et ingénieur chez Facebook **Anniversaire.** Le Rolex Learning Center célèbre sa décennie **Start-up.** Une nouvelle licorne suisse

EPFL

Switzerland



Switzerland you



**Do you have an industrial or R&D project?
Do you work for a fast-growing company?
Are you in touch with visionary entrepreneurs?**

Think Switzerland.

Greater Geneva Bern area (GGBa) is the official investment promotion agency for Western Switzerland, bringing together the cantons of Bern, Fribourg, Vaud, Neuchatel, Geneva and Valais. We advise and assist foreign companies active in innovative sectors in setting up business operations in the region. Our support is tailor-made, free of charge and confidential.

www.ggba-switzerland.ch
info@ggba-switzerland.ch



“

Parallèles

**On va, l'espace est grand,
On se côtoie,
On veut parler.**

**Mais ce qu'on se raconte
L'autre le sait déjà,**

**Car depuis l'origine
Effacée, oubliée,
C'est la même aventure.**

**En rêve on se rencontre,
On s'aime, on se complète.**

**On ne va plus loin
Que dans l'autre et dans soi.**

”

Eugène Guillevic, né à Carnac (Morbihan) le 5 août 1907 et mort à Paris le 19 mars 1997, est un poète français. Il ne signa jamais ses nombreux recueils que de son seul nom, Guillevic.

Martin Vetterli

Président de l'EPFL



Une nouvelle vision de l'EPFL

Au beau milieu d'une année particulièrement riche en défis, nous avons le plaisir d'annoncer la naissance de *Dimensions*, le nouveau magazine de l'EPFL. Le voici entre vos mains, et nous sommes très fiers du résultat, fruit d'innombrables discussions, concepts, ébauches, réflexions et autres séances de travail.

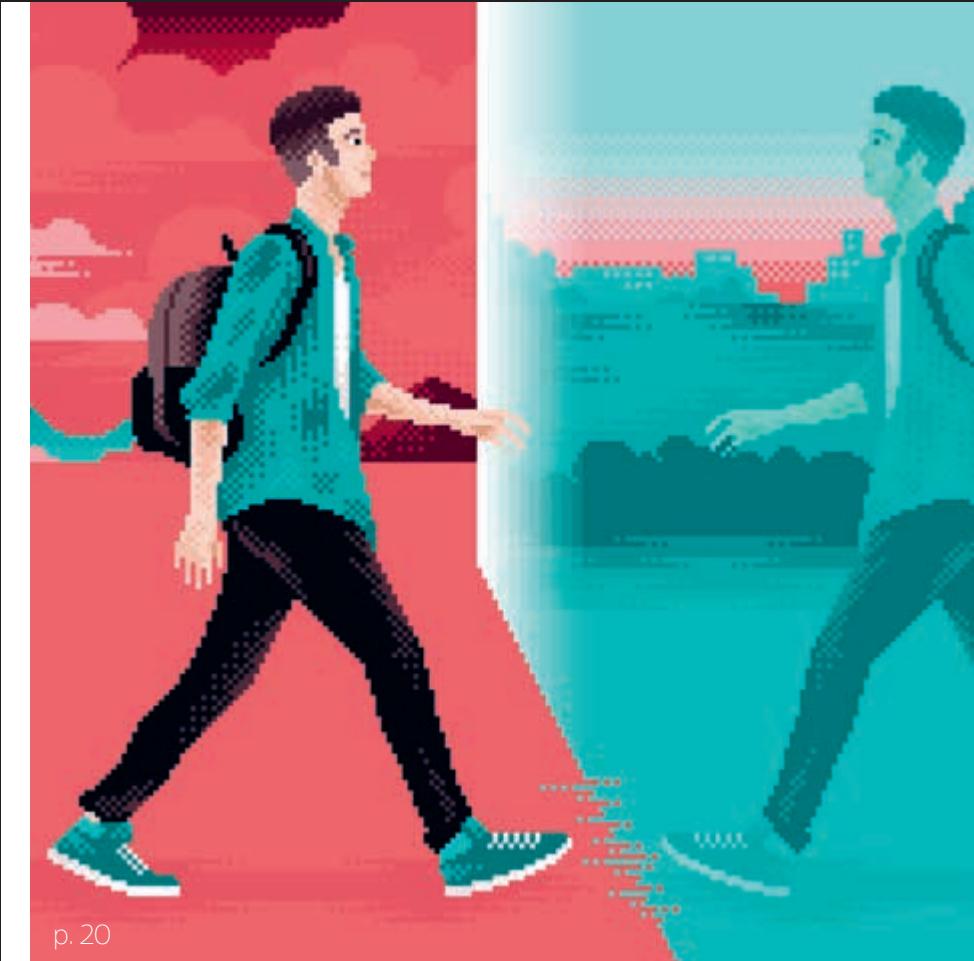
Dimensions est une aventure partagée par l'équipe de communication de l'EPFL et le service des anciens étudiants de l'Ecole, EPFL Alumni. Plus exactement, c'est le fruit de l'union du précédent *EPFL Magazine* et de l'*Alumnist* – pour celles et ceux d'entre vous qui s'en souviennent. Le résultat est un magazine ambitieux qui prend un peu de distance par rapport à une perspective interne de notre Ecole et de nos facultés, et vise à offrir à un large public une vision plus transversale et accessible de l'EPFL dans son ensemble.

Ce nouveau magazine sera publié quatre fois par an. Distribué sur le campus, il sera également envoyé à l'ensemble des anciens élèves et partenaires de l'EPFL pour un tirage prévu à plus de 35'000 exemplaires. Et bien sûr, tout le monde pourra s'y abonner.

Chaque numéro abordera un thème de société à travers un dossier exclusif complété par des actualités, des portraits, etc. Le premier dossier est consacré à la multiplicité de mondes dans lesquels nous vivons – un phénomène de plus en plus marqué. Il traite ainsi la façon dont les deepfakes, les jumeaux numériques, les patrimoines numériques, les moteurs de jeux et d'autres formes de simulation affectent au quotidien nos recherches, nos apprentissages et notre réalité.

Autre point fort de ce premier numéro, le long entretien que nous avons mené avec Rodrigo Schmidt, Senior Director of Engineering chez Facebook AI. Cet ancien étudiant de l'EPFL a été l'une des premières personnes embauchées à l'international par Facebook.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui sont à l'origine de ce nouveau magazine et vous souhaite, à toutes et tous, beaucoup de plaisir à la lecture de ce premier numéro. Au fait: les commentaires sont toujours bienvenus. (Positifs comme négatifs, bien sûr!) ■



p. 20



p. 52



p. 19

L'architecture sous tous les angles. Jusqu'au printemps 2022, une série d'événements exceptionnels fêteront la décennie du Rolex Learning Center ☰, bâtiment emblématique de l'EPFL.

p. 60

PHOTO: OLIVIER CHRISTINAT

Dimensions 01

ÉTÉ 2021



p. 55

Infographie. La numérisation permet aujourd'hui de réaliser des millions de combinaisons moléculaires, de calculer les propriétés du matériau ainsi obtenu et de simuler son comportement.

p. 32



p. 48



p. 42

ACTUALITÉS

- ⌚ **Photo.** Un océan de plastiques pollue nos écosystèmes aquatiques 6
- 🧠 **Neurosciences.** Réveiller les fantômes des malades de parkinson 9
- 💻 **Informatique.** Un détecteur 3D mesure la bonne distance sociale 11
- 之心 **Médecine.** Une aorte artificielle réduit la pression sanguine 14
- ✳️ **Climat.** Les cours d'eau émettent plus de CO₂ la nuit 17
- 🕒 **Microtechnique.** Laser et réalité virtuelle révolutionnent la sculpture horlogère 18
- 👤 **Portrait.** Lesya Shchutska, physicienne des hautes énergies à l'EPFL 19

DOSSIER

- 游戏副本 **Réalités parallèles.** Guide de survie pour le monde numérique 20
- 🎥 **Deepfakes.** Course à l'armement entre manipulateurs et chasseurs 24
- 🎮 **Mondes simulés.** Vivons-nous déjà dans la «Matrice»? 26
- 💬 **Interview.** Sarah Kenderdine, curatrice d'une exposition sur les deepfakes à l'EPFL 30
- 就医 **Médecine.** Mon jumeau numérique est-il malade? 34
- 性别 **Genre.** 90% des victimes de deepfakes sont des femmes 38

L'EPFL DANS LE MONDE

- 🎓 **Interview.** Rodrigo Schmidt, alumni et ingénieur chez Facebook 42
- 👉 **Un labo en BD.** Le Laboratoire de recherche des environnements extrêmes 48
- ✳️ **Avalanche.** Un mystère russe vieux de 60 ans élucidé 50
- 🌡 **Mer Rouge.** Les coraux passent leur «stress test» thermique 52
- 🔗 **Spin-off de l'EPFL.** Nexthink devient la nouvelle licorne suisse 54
- 🌋 **Géothermie.** La start-up Enerdrape exploite la chaleur souterraine 55

CAMPUS

- 📸 **La science en photo.** Mémoire du troisième type 58
- 🚩 **Festival.** L'environnement au cœur de Scientastic 62
- 🏢 **Architecture.** Un très riche quart de siècle de la construction vaudoise 64
- આ **Mon objet.** Les éponges de Wendy Queen, chimiste à l'EPFL 66

Pollution. Un océan de plastique

En 2019, près de 370 millions de tonnes de plastique ont été produites dans le monde, dont 58 en Europe. Sur le Vieux Continent, les principaux usages sont l'emballage (40%), la construction (20%), l'industrie automobile (9%), le secteur de l'électricité et l'électronique (6%).

Environ 11% de ces plastiques finissent leur vie dans les écosystèmes aquatiques. La plupart sont bourrés d'additifs qui les rendent plus durs, plus flexibles et... plus durables. Certains mettront plus de 400 ans à disparaître. Entre-temps, ils se dégradent lentement, notamment sous forme de microplastiques (inférieurs à 5 mm) et entrent ainsi insidieusement dans la chaîne alimentaire aquatique et finalement humaine.

Les efforts nécessaires pour réduire les émissions de plastiques sont énormes. Ils passent par une réduction de la production de déchets, une amélioration de leur gestion et une reconstruction environnementale. ■



Imiter

Francesco Stellacci, professeur au Laboratoire des nanomatériaux supramoléculaires et interfaces de l'EPFL, a reçu une bourse ERC de la Commission européenne pour développer une approche circulaire de recyclage des plastiques. Imitant la machinerie cellulaire qui décompose les protéines pour en synthétiser de nouvelles, l'objectif est de faire de même avec le composant principal des plastiques, les polymères. ■

Mesurer

A l'EPFL, le Laboratoire central environnemental a publié en 2014 un état des lieux des microplastiques dans les lacs suisses qui fait référence. En certains endroits, la situation est comparable à celle des océans. Grâce à la plateforme interinstitutionnelle LÉXPLORÉ, les scientifiques étudient l'évolution de cette pollution dans le lac Léman, et notamment l'influence des courants sur leur distribution. ■

explore.info



Recycler

La start-up **DePoly**, issue de l'EPFL et basée à Sion, a développé une méthode innovante qui permet de recycler n'importe quel objet en PET. Chimique, la méthode consiste à dépolymériser le PET à l'aide de différents produits chimiques et de lumière pour finalement séparer les deux composants du PET, l'éthylène glycol et l'acide téréphthalique. ■

fr.depoly.ch

Valoriser

La technologie développée par la spin-off de l'EPFL **Plastogaz** transforme les déchets plastiques en méthane compatible avec le réseau. D'autres produits destinés à d'autres marchés peuvent aussi être produits par les déchets plastiques de tous ordres. Par exemple, la start-up née en 2020 espère pouvoir également transformer des plastiques mélangés en naphte, utilisé à son tour pour produire de nouveaux plastiques. ■

plastogaz.com

Environ 11% des plastiques finissent leur vie dans les écosystèmes aquatiques.

© richcarey, iStock

Je contribue à la construction de routes nationales durables.
Je travaille pour la Suisse.

Charles-Henri
Responsable de projets
routes nationales,
Génie civil

emploi.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Administration fédérale
Travailler pour la Suisse



Les scientifiques ont pu identifier les réseaux de neurones responsables des hallucinations de présence chez des personnes bien portantes.

Neurosciences. Réveiller les fantômes des malades de parkinson

Un test cérébral pour évaluer l'état mental des patients réveille les «fantômes» cachés dans certaines zones du cerveau.

ous développons quelque chose d'analogique à l'électrocardiogramme d'effort, mais pour tester le cerveau», explique Olaf Blanke, neuroscientifique à l'EPFL. Les scientifiques proposent une nouvelle manière de mesurer l'apparition d'hallucinations chez les malades de parkinson, grâce à un «brain stress test». Ils basent leurs travaux sur les hallucinations de présence et apportent des éléments de preuve quant à un biomarqueur prometteur qui pourrait prédire la sévérité de la progression de la maladie. Leur étude a impliqué 56 patients recrutés dans des centres médicaux en Suisse et en Espagne.

La maladie de Parkinson est connue pour ralentir les mouvements et induire des raideurs musculaires et des tremblements incontrôlables des membres. Mais ces altérations motrices sont loin d'être les seuls symptômes. Environ la moitié des patients souffrent d'hallucinations. Ce peuvent être des hallucinations de présence; des hallucinations de la vision périphérique, qui impliquent la perception de personnes, d'animaux ou d'araignées. On a aussi rapporté des perceptions erronées d'objets et même des hallucinations visuelles complètes et colorées.

De plus en plus de données cliniques suggèrent que les hallucinations pourraient être les précurseurs de troubles mentaux et cognitifs plus sévères. Mais elles restent sous-diagnostiquées. Il est possible que les patients hésitent à les rapporter à leur médecin et que les praticiens non spécialistes éludent la question ou manquent d'outils précis à même de les évaluer.

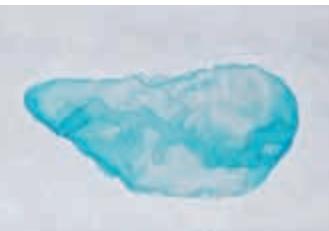
Prédire la sévérité des symptômes

Dans une étude de 2014, Olaf Blanke a découvert en laboratoire qu'il était possible d'induire des hallucinations de présence chez des individus bien portants. Soumis à une procédure robotique, basée sur des mouvements spécifiques et des signaux somatosensoriels, des sujets sains rapportaient le sentiment d'être accompagnés par des personnes ou des présences d'une certaine sorte. Cette méthode peut-elle induire des hallucinations de présence chez des malades de parkinson? Oui, confirme l'étude après que cette méthode a été testée sur 26 patients atteints de la maladie. Les scientifiques ont pu aussi identifier pour la première fois les réseaux de neurones responsables des hallucinations de présence chez les patients bien portants. Sur la base de ces découvertes, les scientifiques ont construit une troisième étape avec 30 patients souffrant de la maladie de Parkinson et ont pu prédire avec précision la sévérité des symptômes sur la base de scans du cerveau. ■

UN IMPLANT POUR RÉGULER LA TENSION

Les lésions à la moelle épinière perturbent le mécanisme par lequel l'organisme régule la pression artérielle. En utilisant des stimulations électriques ciblées de la moelle épinière, des chercheurs de l'EPFL et de l'Université de Calgary au Canada ont permis aux patients de reprendre le contrôle de leur tension, sans aucun médicament. Ils s'appuient sur leurs travaux qui ont permis à des patients paraplégiques de retrouver le contrôle de leurs jambes grâce à une stimulation électrique épidurale. Ils ciblent cette fois les circuits neuronaux qui régulent la tension artérielle. Ils les couplent en outre avec un capteur de tension implanté dans une artère. Lorsque celui-ci détecte une baisse de tension anormale, il communique avec un pacemaker qui envoie une série d'impulsions à des endroits précis de la moelle épinière. ■

UN MINI PANCRÉAS BIO-IMPRIMÉ



Cette forme transparente est la reproduction miniaturisée d'un pancréas. Il est fabriqué par bio-impression à partir de cellules souches humaines et doté d'un réseau de petits vaisseaux ad hoc, tout cela en seulement trente secondes. La prouesse est due à une technologie mise au point notamment au Laboratoire de dispositifs photoniques appliqués de l'EPFL et développée par la start-up Readily3D. Son but est de créer une version fiable et vivante de cet organe pour pouvoir tester des traitements contre le diabète. ■

En chiffres

25,6%**PHOTOVOLTAÏQUE**

Une équipe menée par l'EPFL a eu recours à une astuce pour porter le rendement de conversion de puissance des cellules photovoltaïques à pérovskites à 25,6% avec une stabilité opérationnelle d'au moins 450 heures. Les propriétés des pérovskites les ont placées à l'avant-garde de la recherche sur les matériaux, avec un énorme potentiel d'atteindre un large éventail d'applications, notamment dans les cellules solaires et les lampes LED. ■

Microfluidique. Un test décèle des anticorps du COVID-19 dans une goutte de sang

La recherche d'anticorps peut être un outil puissant pour suivre la propagation d'infections par le SARS-CoV2, le virus responsable de la pandémie de COVID-19. Un groupe de scientifiques de l'EPFL, de l'Unige et des HUG vient de développer un test d'anticorps fiable et bon marché qui permet d'analyser plus de 1000 échantillons à la fois et ne nécessite qu'une petite goutte de sang, comme celle que l'on obtient à partir d'une piqûre au bout du doigt.

La plateforme consiste en un réseau complexe de très petits tubes taillés dans une puce en plastique

de la taille d'une clé USB environ. Pour effectuer le test, les chercheurs introduisent des échantillons de sang individuels et des réac-

tifs dans les canaux de cette puce microfluidique. Si des anticorps contre le SARS-CoV-2 sont présents dans un échantillon de sang, une molécule génère un signal qui peut être détecté au microscope sous forme de lueur fluorescente.

Lorsque l'équipe a testé des échantillons de sang de 155 individus infectés par le SARS-CoV-2, le test a détecté des anticorps dirigés contre le virus dans 98% des cas. Le test est aussi extrêmement spécifique : il n'a jamais détecté d'anticorps contre le virus chez des sujets qui n'avaient pas été infectés par le SARS-CoV-2.

Le système microfluidique étant très petit, les quantités de sang et de réactifs utilisées ne représentent qu'une fraction de celles requises pour des tests standard d'anticorps anti-COVID-19. En outre, le fait de réaliser des centaines de tests sur une seule plateforme signifie qu'une seule personne peut effectuer plus de tests en moins de temps. ■



Fais tes premiers pas dans les cryptos

Gère ton argent et trade 13 cryptos avec Yuh : l'app gratuite pour payer, épargner et investir.

Plus d'infos sur yuh.com



Télécharge l'app



yuh
can do it

Swissquote PostFinance



Alexandre Alahi et Lorenzo Bertoni ont imaginé de multiples applications de leur logiciel en période de pandémie.

Informatique. Un détecteur 3D mesure la bonne distance sociale

Une équipe de l'EPFL a détourné son logiciel destiné aux voitures autonomes pour l'appliquer à la situation pandémique.

A près des semaines passées à lire des articles de référence sur les modes de transmission du virus COVID-19, l'équipe du Laboratoire d'intelligence visuelle pour les transports de l'EPFL réalise avec le reste de la communauté scientifique le rôle clé des microgouttelettes dans la transmission du virus et l'importance de respecter une distance sociale de 1,5 mètre entre les personnes, en l'absence de masque. Les chercheurs travaillent alors à l'amélioration de leur algorithme, destiné originellement à détecter l'approche d'un autre véhicule ou d'un piéton dans la rue et à engager le véhicule autonome à freiner, changer de direction ou à accélérer.

Le détecteur 3D développé à l'EPFL a l'avantage de s'ajouter facilement à un simple appareil photo ou à une caméra ou, même, à un smartphone. Ceci grâce à une manière innovante de calculer les dimensions des silhouettes et la distance sociale entre les êtres humains : l'estimation de la distance entre les personnes se base sur leur taille et non sur le sol. Autres nouveautés, l'algorithme développé à l'EPFL identifie l'orientation des corps, les interactions sociales au sein d'un groupe de personnes présentes dans un espace donné, et notamment, si elles se parlent, le respect de 1,5

mètre de sécurité sanitaire entre les individus. Ces éléments se fondent sur une autre base de calcul que les détecteurs actuels.

Nommé MonoLoco, le détecteur de l'EPFL garantit en outre l'anonymat des visages et des silhouettes des individus filmés, car il n'a besoin de connaître que la distance entre les articulations d'une silhouette (épaules, poignets, hanches, genoux) pour calculer la distance entre les personnes et leur orientation. Il prend tout simplement une photo ou une vidéo d'un espace et les convertit en silhouettes schématiques et anonymes dotées de « points clés ».

Multiples applications

Les chercheurs ont imaginé de multiples applications du logiciel en période de pandémie, dans les transports publics, bien sûr, mais aussi dans les commerces, les restaurants, les bureaux, les halls de gare et les usines, afin de garantir la santé des ouvriers par le respect des distances et de leur permettre d'aller travailler. L'outil étant à l'origine destiné aux voitures autonomes, le calcul de la distance à respecter peut être paramétré jusqu'à 40 mètres pour calculer la distance entre individus et objets, ainsi que leur orientation. Le code source de l'algorithme est en libre accès sur le site Internet du laboratoire. Une première application dans les cars postaux est prévue dans le cadre d'un partenariat entre l'EPFL et La Poste. ■

CÉLÈBRE MAIS PAS INFLUENCEUR

Les célébrités sont souvent considérées comme des personnes influentes. Bon nombre d'entre elles utilisent leur statut pour défendre des causes. On peut citer par exemple l'activisme féministe de Beyoncé ou le franc-parler de Leonardo Di Caprio sur le changement climatique. Du fait de cette influence perçue, les gouvernements du monde entier tentent régulièrement de faire appel aux célébrités pour être leur porte-parole dans les campagnes d'information.

Pourtant, une récente étude menée par l'EPFL et l'UNIL révèle que faire appel à des célébrités pour changer ou influencer les opinions des individus pourrait en fait être contre-productif et rendre ces derniers moins empathiques envers le porte-parole célébre.

Contrairement aux attentes, une célébrité avec un point de vue opposé était totalement incapable de changer l'opinion des répondants. Plus intéressant, un avis partagé exprimé par une célébrité non appréciée semblait amener les gens à se retrancher davantage dans leur opinion. Globalement, ces découvertes semblent cohérentes avec la tendance des gens à s'entourer de personnes qui partagent leurs opinions afin d'avoir leur aval.

Les chercheurs ont remarqué le même effet avec des porte-parole experts, les répondants se retranchant davantage dans leur propre opinion. L'étude a révélé que l'opinion divergente d'un expert produisait un effet pire que celle d'un porte-parole non apprécié, ce qui remet en question la capacité perçue des experts à influencer les gens dans de telles situations. ■

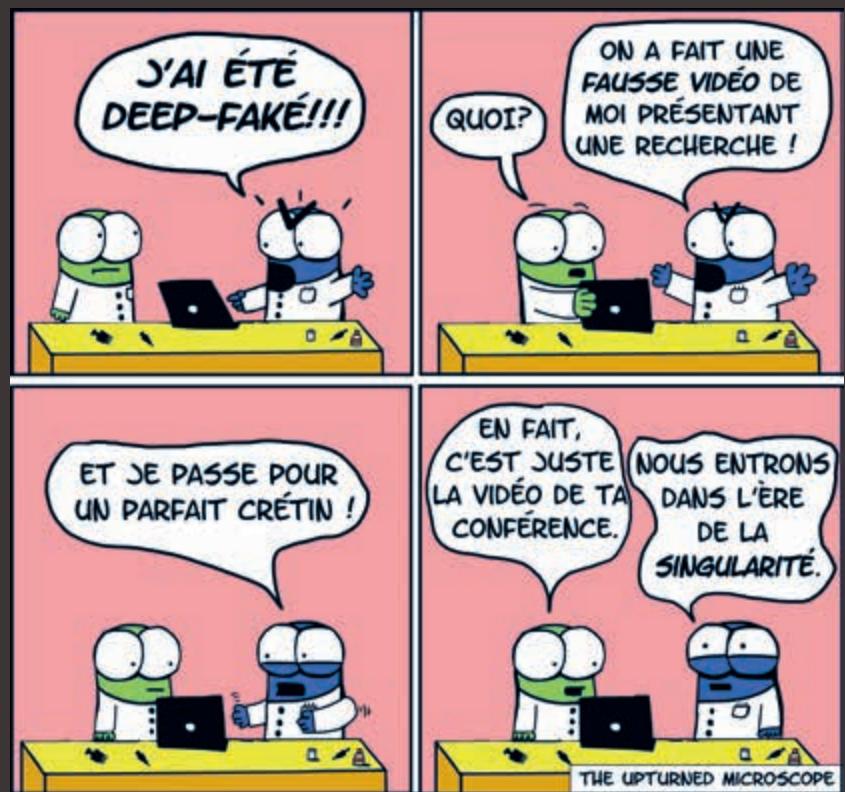


L'innovation

NOUVEAU COLORANT POUR LES CELLULES GRÄTZEL

Des scientifiques de l'EPFL ont mis au point un nouveau colorant pour les cellules photovoltaïques à pigment photosensible ou «cellules Grätzel». Simple et économique à fabriquer, ce pigment permet un rendement élevé. Il est également très performant dans des conditions de faible luminosité, ce qui est indispensable pour les appareils autonomes et à faible alimentation. ■

Cartoon Nik Papageorgiou



INNOVAUD+

LE CADRE IDÉAL POUR INVESTIR ET INNOVER

REJOIGNEZ LA COMMUNAUTÉ D'INNOVAUD

Gardez le contact avec l'écosystème d'innovation vaudois

www.innovaud.ch/gardezlecontact



Environnement. « Si les forêts basculent, l'impact climatique sera conséquent. »

L'Amazonie émet désormais plus de CO₂ qu'elle n'en capte. Explications de Charlotte Grossiord, experte en écosystèmes forestiers à l'EPFL.

J Amazonie rejette désormais davantage de CO₂ qu'elle n'en absorbe. Cette inversion de tendance, que confirme une étude parue dans *Nature Climate Change*, est un cap dans l'évolution climatique actuelle. Car les forêts tropicales jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre du climat terrestre. En absorbant entre 25 et 30% des gaz à effet de serre émis par les activités humaines, elles agissent comme un frein au réchauffement global. Or, l'Amazonie représente à elle seule la moitié de toutes ces forêts.

Charlotte Grossiord, spécialiste des écosystèmes forestiers et directrice du Laboratoire d'écologie végétale à l'EPFL, nous explique ces mécanismes.

En quoi ce renversement de l'Amazonie est-il un tournant ?

C'est un élément capital. Dans les milieux scientifiques concernés, nous constatons depuis 5 à 10 ans une claire réduction du rôle de puits de carbone de la région de l'Amazonie et des autres forêts tropicales. Jusqu'à maintenant, on a encore un bilan d'absorption positif, mais ces forêts, de manière globale, ne peuvent plus prélever autant de carbone qu'avant, cela aura un effet d'accélérateur sur les changements climatiques.

On parle de boucles de rétroaction, soit d'une suite de phénomènes pouvant déclencher un emballement climatique. Est-ce ce à quoi nous avons affaire ?

Oui, la forêt est une de ces boucles. Si nous continuons à émettre toujours plus de CO₂ alors que ces écosystèmes en prélevent moins, le processus de réchauffement se précipite, la forêt capte encore moins, et ainsi de suite. C'est un gigantesque cercle vicieux qui se met en place. Pour l'Amazonie, on ne sait pas si le point de bascule est dépassé ou sur le point de l'être, mais il est certain qu'il aura un effet d'accélération climatique. Cela ne veut pas dire qu'il n'y a plus rien à faire, il est encore temps de protéger ces écosystèmes. D'autant qu'ils sont également très importants en termes de biodiversité ou dans le cycle de l'eau.



« Les forêts tropicales jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre du climat terrestre. »

Charlotte Grossiord, directrice du Laboratoire d'écologie végétale à l'EPFL

Comment ces puits de carbone fonctionnent-ils concrètement ?

La forêt prélève du CO₂ par le processus de la photosynthèse des plantes, qui transforment ce gaz en sucres et qu'elles utilisent pour se développer. Une partie du carbone est à nouveau rejetée par leur respiration, et une autre, plus importante, se fixe à l'intérieur des végétaux et dans le sol. Or, avec la coupe d'arbres souvent très anciens, tout ce carbone accumulé au fil des ans, voire des siècles, est à nouveau relâché dans l'air. A cela s'ajoutent des sécheresses et des feux plus fréquents, qui augmentent la mortalité des plantes. Plusieurs éléments se combinent donc pour que finalement la forêt passe de puits à source de carbone. ■

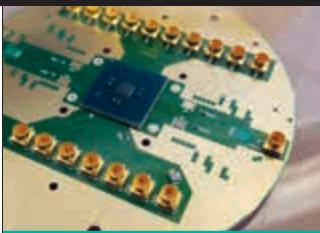
NUMÉRISATION URBAINE



D'une durée de quatre ans, le projet ScanVan a permis de développer une nouvelle technologie de numérisation des villes. Collaboration entre l'EPFL, la HES-SO Valais/Wallis et l'Université de Zurich, avec un financement du FNS, le projet a été testé à Sion, offrant une modélisation 3D de la capitale valaisanne. Les avancées technologiques mises au point permettent d'envisager le balayage de toute une ville à intervalles réguliers, pour créer ainsi une représentation 4D de celle-ci (3D + temps).

La plupart des outils de balayage actuels utilisent des systèmes laser extensibles ou des approches photogrammétriques reposant sur des appareils photographiques standards qui ne sont pas infaillibles et qui nécessitent plusieurs séries de balayages. L'équipe du ScanVan a développé un système d'acquisition sphérique omnidirectionnel associé à un algorithme dédié qui garantit une haute efficacité de balayage et de calcul photogrammétrique. Installée sur un véhicule en marche (le ScanVan), cette caméra 360 degrés produit des images sphériques par incrément régulier. Dans la pratique, le ScanVan nécessite de passer une seule fois dans une rue pour acquérir suffisamment de données pour une reproduction tridimensionnelle. ■





L'innovation

UNE PUCE POUR CONTRÔLER LES ORDINATEURS QUANTIQUES

Une puce spécialement conçue pour contrôler des qubits et qui peut fonctionner à des températures extrêmement basses ouvre une piste pour faire sauter le «goulet d'étranglement du câblage». Des chercheurs de l'EPFL et des ingénieurs de QuTech aux Pays-Bas et d'Intel Corp. ont conçu et testé en commun cette puce cryogénique et franchi une étape importante vers un ordinateur quantique évolutif. ■

Médecine. Une aorte artificielle réduit la pression sanguine

Des scientifiques de l'EPFL ont imaginé une aorte en silicone capable de soulager le travail du cœur.

insuffisance cardiaque touche plus de 23 millions de personnes dans le monde. Bien que la transplantation se révèle la norme pour les patients atteints de cette pathologie, il existe une demande en thérapies alternatives en raison de la pénurie de donneurs de cœur. De nouvelles conceptions de dispositifs d'assistance cardiaque pourraient éliminer ou retarder la nécessité d'une transplantation», explique Yves Perriard, professeur à l'EPFL et responsable du Centre pour les muscles artificiels. Partis de ce constat, une dizaine de chercheurs ont travaillé durant quatre ans à la réalisation d'une assistance cardiaque basée sur des actionneurs souples.

La aorte est naturellement élastique. Quand le sang est expulsé du ventricule gauche, elle

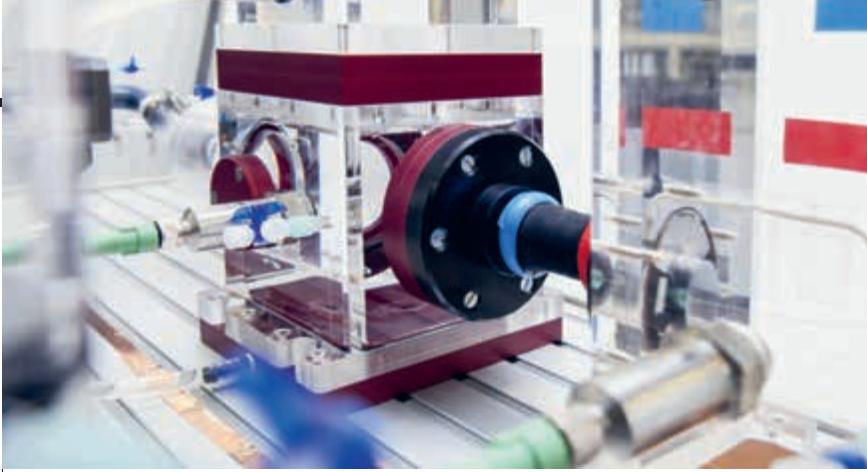
se gonfle. Puis elle se resserre et expulse l'hémoglobine, qu'elle a stockée temporairement. Lors d'insuffisance cardiaque par exemple, le cœur doit fournir plus d'énergie pour effectuer cette tâche. Les scientifiques ont imaginé un segment d'aorte artificiel composé de membranes en silicone et d'électrodes. Ce système se place juste après la valve aortique et accentue le rôle de l'aorte : on parle alors d'aorte « augmentée ». Lorsqu'une tension électrique est appliquée, le tube s'élargit et devient plus grand que l'aorte naturelle. Ce dispositif a l'avantage de modifier la pression vue par le cœur. L'idée n'est pas de remplacer le cœur, mais de l'aider.

Pour leurs expériences, les chercheurs ont construit un simulateur composé de pompes et de chambres qui reproduit les conditions physiologiques humaines de flux et de pression sanguine. Mais le véritable défi résidait dans la confection de

1981

WE WERE AN INNOVATIVE
AND EXPLORATORY
MOUSE STARTUP
ON CAMPUS





l'aorte artificielle. « Nous avons dû mettre en place un nouveau procédé de fabrication pour créer le dispositif tubulaire en silicone. En même temps, les performances étaient drastiquement réduites par rapport à une membrane seule. Il a fallu comprendre et résoudre ce problème particulier lié à l'empilement de couches », souligne Yoan Civet, collaborateur scientifique.

L'équipe a déposé une demande de brevet et espère que cette structure sera utile pour résoudre d'autres problèmes médicaux, comme les troubles urologiques, qui nécessitent une approche similaire. ■

PHOTOS: EPFL / FÉLIX WEY, WERNER SIEMENS STIFTUNG

RECHERCHE

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'ETH Zurich, l'Université de Berne et l'EPFL. Le groupe a reçu une bourse de douze millions de francs de la Fondation Werner-Siemens sur 12 ans pour développer une assistance cardiaque, un système urologique et un dispositif pour la reconstruction faciale. Le tout à base d'actionneurs souples.

UN HYDROGEL RÉPARE LES TISSUS DÉCHIRÉS

La déchirure de tissus mous peut survenir lors d'une chute à ski, d'un accident de la route ou d'autres accidents domestiques. Le chirurgien est alors confronté à la difficile tâche de recoller les parties lésées. Les résultats obtenus ne sont pas toujours satisfaisants, car les tissus réparés ont de la peine à rester soudés de manière homogène.

Des scientifiques de l'EPFL ont mis au point un nouvel hydrogel qui possède un double avantage: il est injectable partout dans le corps et présente des propriétés adhésives. L'originalité de ce matériau est qu'il change de consistance. Au moment de l'injection, il se trouve sous forme liquide. Puis, une source lumineuse le fait durcir tout en favorisant son adhésion sur les tissus. ■



2021

WE ARE AN
INNOVATIVE AND
EXPLORATORY
GLOBAL COMPANY
ON CAMPUS

40 years of growth at EPFL -
have you seen us now?

logitech



astro





Join our innovation journey

Want to bring your ideas to life
and accelerate your personal
and professional growth?

Join us for an epic 6 month
journey.



The Accelerator
Powered by Nestlé R+D

Climat. Les cours d'eau émetteurs nocturnes de CO₂

Les taux de dioxyde de carbone émis par les fleuves, rivières et ruisseaux sont plus élevés de 27% durant la nuit.

J impact des cours d'eau dans la grande mécanique climatique commence à être mieux connu. Après avoir démontré que les rivières et ruisseaux de montagne émettaient une quantité de dioxyde de carbone – principal gaz à effet de serre – plus grande qu'estimée jusque-là, des chercheurs de l'EPFL apportent une nouvelle pierre à l'édifice. Ils révèlent que les émissions des eaux courantes sont beaucoup plus importantes de nuit que de jour. Ils mettent ainsi le doigt sur un biais responsable d'erreurs potentiellement importantes dans le calcul des contributions des rivières au cycle global du carbone.

Pendant longtemps, on pensait que les cours d'eau jouaient dans ce cycle un rôle moins crucial que les océans, par exemple. Or, par nature connectés à la terre, les fleuves, rivières et ruisseaux charrient en continu de grandes quantités de matières organiques qui, en se décomposant, dégagent des flux de CO₂ non négligeables. La dispersion et la complexité du réseau fluvial sillonnant l'intérieur des terres rendent toutefois le calcul de ces flux difficile. Pour les estimer, on s'est jusque-là largement basé sur des mesures réalisées manuellement, et de jour.

Et c'est là le biais dépisté : 90% de ces observations étaient réalisées entre 8h et 16h. En comparant ces données avec celles de capteurs automatisés et continus, il apparaît que seulement 10% de ces journées d'échantillonnage présentaient des émissions maximales de CO₂ dans cette fenêtre de temps.

C'est pourquoi les chercheurs ont complété ces mesures manuelles par celles prises également de nuit par des capteurs. Et ceci sur un panel de 66 rivières réparties dans le monde et en intégrant des régions auparavant sous-représentées, telles que le Congo, l'Amazonie et diverses chaînes de montagnes. Ils ont pu démontrer que les émissions de CO₂ étaient jusqu'à 27% plus importantes aux heures sombres qu'aux heures claires. Des résultats qui démontrent que l'utilisation d'un réseau de capteurs et de données à large échelle peut mettre au jour des dynamiques environnementales jusque-là insoupçonnées.

Plusieurs facteurs expliquent cette différence. Le principal, c'est le processus de photosynthèse, qui capte une partie du CO₂ émis par les rivières et en diminue ainsi les quantités relâchées en journée dans l'atmosphère. La nature de l'écosystème, la végétation, la présence d'une canopée – c'est-à-dire d'un couvert – plus ou moins dense au-dessus du cours d'eau, l'altitude, la déclivité de la pente et l'intensité des turbulences en sont d'autres. ■



Pendant longtemps, on pensait que les cours d'eau jouaient dans ce cycle un rôle moins crucial que les océans.



DES ESSAIMS DE DRONES ÉVITENT LES BOUCHONS

En volant en essaim, les drones sont capables de survoler des territoires plus étendus que ne le ferait un seul drone, et de récolter une plus grande variété d'informations. Mais un obstacle majeur demeure : les bouchons. Par une approche prédictive, une équipe de l'EPFL a permis aux drones de ne pas simplement réagir aux mouvements des autres drones, mais d'anticiper leurs comportements et ceux des autres. Les scientifiques ont ainsi fait voler des essaims de drones dans des environnements encombrés, de manière sûre et rapide. ■

LE DOUBLE JEU DES USINES CELLULAIRES

Soit les mitochondries se divisent en deux pour proliférer dans la cellule, soit elles s'amputent de leurs extrémités pour évacuer des éléments défectueux. C'est la conclusion de biophysiciennes de l'EPFL dans leurs derniers travaux consacrés à la fission mitochondriale. Une évolution majeure par rapport à l'explication standard du cycle de vie de cette organelle bien connue, usine énergétique des cellules.

La régulation de la fission mitochondriale est importante pour la compréhension de certaines maladies humaines comme les pathologies neurodégénératives ou les problèmes cardiovasculaires. Les deux sont associés à un taux élevé de fissions. ■

Dans les médias

Corriere della Sera, 25 mai 2021



« Je regarde les nuages et je pense à de nouvelles équations. »

Maria Colombo, professeure de mathématiques à l'EPFL

Wired, 24 mai 2021



« Les coraux sont un cadeau de la nature. L'humanité n'a rien fait pour les mériter, mais nous les avons. »

Anders Meibom, professeur de géochimie biologique à l'EPFL

Lettre ouverte, 3 mai 2021



« Nous sommes profondément préoccupés par la criminalisation et le ciblage croissants des manifestants pour le climat dans le monde entier. »

Athanasi Nenes, professeur d'ingénierie environnementale à l'EPFL, avec 400 scientifiques internationaux



Microtechnique. Laser et réalité virtuelle révolutionnent la sculpture horlogère

En partenariat avec Vacheron Constantin, des scientifiques de l'EPFL ont utilisé des lasers pour créer des sculptures en 3D à l'intérieur d'un verre de montre en saphir.

Comment renouveler un métier d'art aussi traditionnel que la gravure sur montre au sein d'une maison horlogère en activité depuis 1755 ? A quoi pourrait ressembler ce métier d'art au XXI^e siècle où, pour transformer la matière, il n'y aurait ni gouges, ni ciseaux, ni copeaux, mais un laser dont la finesse du trait s'inscrirait au cœur du verre et qui ne pourrait être dirigé qu'à travers un casque de réalité virtuelle ?

Pendant deux ans des équipes de l'EPFL, à Microcity dans le canton de Neuchâtel, et de la maison Vacheron Constantin ont collaboré pour donner vie, le temps d'un projet, à un nouveau métier d'art résolument technologique. Grâce à des lasers dits ultrarapides, de haute intensité, il est devenu possible de changer les propriétés de la matière qui était frappée par leurs impulsions. Ces lasers particuliers, ayant fait l'objet d'un Prix Nobel de physique en 2018, ont ouvert des domaines de recherche encore inexplorés. « Jusqu'à récemment, il était impossible de travailler la matière à l'intérieur. Nous cherchions une idée qui puisse relier métiers d'art et technologie, et la gravure d'art nous semblait tout indiquée », se souvient le professeur Yves Bellouard.

Emmanuelle Maridat s'est prêtée à l'expérience. Graveuse en horlogerie chez Vacheron Constantin depuis 12 ans, elle s'est enthousiasmée à l'idée de réinventer son métier en le faisant basculer dans une nouvelle dimension. Un exercice qui s'est révélé complexe, notamment dans la maîtrise du geste dans l'espace. Dessiner à l'intérieur de la matière avec un minuscule faisceau lumineux à l'aide d'un stylet est un véritable tour de force. Il est impossible de travailler à l'œil nu sur une pièce aussi petite. Plusieurs systèmes ont été expérimentés, en commençant par une binoculaire, puis en essayant un écran d'ordinateur, pour enfin opter pour un casque de réalité virtuelle.

Mais la sculptrice s'est trouvée confrontée à l'absence de résistance. « Dans mon métier, il y a non seulement le regard et la perception des volumes, mais aussi l'interaction avec la matière, le toucher, la résistance de l'outil qui attaque le métal, qui enlève de la matière, qui crée des formes. Avec le laser je n'avais plus cela et je perdais mes repères. »

Les différents partenaires ont donc commencé un long apprentissage commun, l'artiste pour apprivoiser l'outil et permettre d'améliorer la technologie, et les scientifiques pour se glisser dans la peau de l'artiste et trouver le moyen de garder un lien physique en lui redonnant des sensations. ■



LESYA SHCHUTSKA

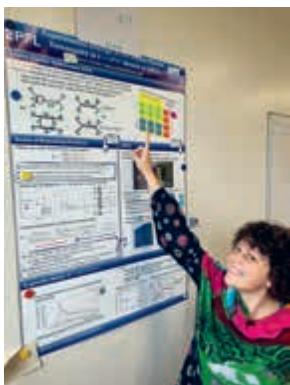
Professeure assistante tenure track, Laboratoire de physique des hautes énergies



« Les images peuvent être trompeuses: un sourire face à la caméra alors que je grimpe. Mais plus jamais! J'ai tremblé de peur tout le long en voyant le vide en dessous de moi. »



« Il en a fallu du courage pour ajouter un chat à ma vie chaotique et itinérante de chercheuse! Mais cela a valu la peine. Le chat a même voyagé avec moi et ma famille à une conférence de physique (photo prise après l'expérience réussie). »



Le « plus meilleur » poster de Sara.

| <i>Dans ma vie</i> | |
|--------------------|---|
| 1985 | Naissance en Russie |
| 1995 | Je lis mon premier livre de physique, <i>Oh, la physique!</i> de Yakov Perelman |
| 2002 | Je gagne la médaille de bronze des Olympiades internationales de physique et entre sans examen à l'Institut de physique et de technologie de Moscou (MIPT) |
| 2008 | Je commence un doctorat à l'EPFL pour développer un détecteur qui mesure précisément les rayons cosmiques et cherche des traces de matière noire dans l'univers |
| 2019 | Je reçois le Prix Jeune physicien expérimental de la Société européenne de physique |

« La physique m'a fascinée. Ça a été le coup de foudre! »



| <i>Dans mon labo</i> | |
|----------------------|---|
| 2017 | Je reçois une bourse ERC et lance mon groupe de recherche à l'ETH Zurich |
| 2019 | Je déménage à l'EPFL et travaille à nouveau sur la collaboration LHCb au CERN |

Le laboratoire de Lesya Shchutska recherche de nouvelles particules, telles que les neutrinos lourds, précisément des particules élémentaires dont l'existence n'a pas encore été prouvée expérimentalement.

Dans mon agenda

Ce que j'aimerais faire tôt ou tard, mais plutôt tôt: prendre des vacances nautiques avec mes amis du Phystech de Moscou (MIPT), durant lesquelles nous résolvons des problèmes de physique et mathématiques, au gré du vent dans les voiles (difficile ces derniers temps, pour des raisons évidentes).





A pixelated illustration of a city skyline at sunset or sunrise. The buildings are rendered in shades of red, orange, and black, creating a digital art aesthetic. The sky above the buildings is a light pink color.

Un guide de survie
pour le monde numérique.

ILLUSTRATIONS LAURENT BAZART



**UNE COURSE
À L'ARMEMENT**
PAGE 24



**MONDES
MIROIRS**
PAGE 26



**SARAH KENDERDINE :
«ON DOIT POUVOIR
SE MOUVOIR À TRAVERS
UNE ŒUVRE D'ART»**
PAGE 30

A quoi pourrait ressembler notre vie dans un monde simulé? Comment pourrions-virtuel? Depuis que le philosophe d'Oxford Nick Bostrom a proposé sa «théorie ce que nous considérons comme notre réalité est en fait une simulation

Quelle que soit la réalité, nous entrons dans des années 2020 ultranumériques, où les innovations augmentées, virtuelles et numériques auront des répercussions sur presque chaque aspect de notre vie. Des lunettes de réalité augmentée d'aujourd'hui à la réalité mixte type HoloLens de Microsoft, il est désormais possible de voir des objets virtuels qui ont intégré le monde réel.

Ces innovations offrent de nombreux avantages. Les jumeaux numériques aident déjà les ingénieurs et les architectes à créer des bâtiments plus solides et trouveront probablement une utilisation dans d'autres domaines. En médecine, par exemple, où les jumeaux numériques combinent savamment l'intelligence artificielle et les données personnelles, ils ont commencé à transformer la manière dont les soins de santé sont dispensés.

«Les jumeaux numériques peuvent réduire les coûts de la santé car ils permettent aux médecins de détecter à l'avance les intolérances médicamenteuses et de diagnostiquer des maladies avant qu'elles n'atteignent le stade chronique. Ils peuvent également réduire les erreurs de traitement, qui sont la troisième cause de décès dans le monde après le cancer et les maladies cardiovasculaires. Tout cela permet des économies considérables», affirme Adrian Ionescu, responsable du Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques de l'EPFL.

Cependant, les jumeaux numériques risquent aussi de devenir des clones numériques. De ce fait, ils soulèvent de nombreuses

Des attaques personnelles à l'effondrement des politiques démocratiques, en passant par les atteintes à la réputation et la manipulation de l'opinion publique, les deepfakes sont de plus en plus sous les projecteurs pour le préjudice qu'ils pourraient causer aux individus et à la société en général. Tanya Petersen a rencontré Aengus Collins, directeur adjoint et responsable politique au Centre international de gouvernance des risques de l'EPFL.

LA CONFIANCE

Les deepfakes deviendront-ils l'outil de désinformation le plus puissant qui ait jamais existé? Poumons-nous atténuer ou régir le déferlement à venir des médias de synthèse?

Notre recherche porte sur les risques que posent les deepfakes. Nous soulignons trois niveaux de risque: l'individu, l'entreprise et la société. Dans chaque cas, savoir comment répondre signifie chercher à mieux comprendre quels sont les risques et quelles personnes sont concernées. Il est important d'indiquer également que ces risques n'impliquent pas nécessairement une intention malveillante. Généralement, si un individu ou une entreprise est confronté à un risque de deepfake, c'est parce qu'il ou elle a été ciblé en quelque sorte, par exemple la pornographie sans consentement au niveau individuel ou une fraude contre une entreprise. A l'échelle de la société, en revanche, l'un des éléments soulignés par notre recherche est que le préjudice potentiel des deepfakes n'est pas obligatoirement intentionnel: la prévalence croissante des médias de synthèse peut susciter des inquiétudes au sujet des valeurs sociales fondamentales telles que la confiance et la vérité.

Pouvons-nous établir des priorités? Comment et sur quoi devons-nous concentrer notre énergie pour éviter que les deepfakes ne soient préjudiciables?

Dans notre recherche, nous avons suggéré d'utiliser un cadre simple avec trois dimensions: la gravité du préjudice potentiel, son ampleur et la résilience de la cible. Cette analyse à trois niveaux suggère que le préjudice individuel et social doit être traité en priorité. De nombreuses entreprises auront des processus et ressources existants qui peuvent être attribués à la gestion des risques de deepfake. Pour les individus, la gravité peut être très élevée. Réfléchissez aux éventuelles répercussions durables pour une femme ciblée par un deepfake pornographique sans consentement et à la résilience nécessaire pour y faire face. En termes de répercussions sociales, des inquiétudes apparaissent sur les risques dramatiques, comme le discrédit jeté sur des élections. Mais il y a aussi le risque d'un processus plus discret de perturbation sociale: un processus de faible intensité et de faible gravité qui entraîne néanmoins des problèmes de niveau systémique si les deepfakes sapent les bases de la confiance et de la vérité.

ET LA VÉRITÉ



MATÉRIAUX:
LA SIMULATION
REPLACE
LE TÂTONNEMENT
PAGE 32



MON JUMEAU
NUMÉRIQUE
EST-IL
MALADE ?
PAGE 34



Retrouvez le dossier en ligne sur
go.epfl.ch/RealitesParalleles

nous nous en approcher pour le découvrir? Vivons-nous déjà dans un monde de la simulation» en 2003, les chercheurs sont aux prises avec l'idée que informatique. **PAR TANYA PETERSEN**

questions juridiques et éthiques. Bien évidemment, il en va de même pour de nombreuses applications d'intelligence artificielle prometteuses. Sabine Süsstrunk, professeure et responsable du Laboratoire d'images et représentation visuelle de l'EPFL, affirme que l'intelligence artificielle et l'apprentissage profond ne peuvent pas raisonner, mais ils peuvent détecter des schémas beaucoup mieux que les êtres humains. « Je ferais confiance à un système d'intelligence artificielle qui a été entraîné sur des millions de mammographies pour aider un médecin à détecter mon cancer du sein, confie-t-elle. Mais devons-nous utiliser l'intelligence artificielle pour savoir si une personne est plus ou moins susceptible de commettre un crime ou doit recevoir un prêt immobilier? » Selon Sabine Süsstrunk, l'intelligence artificielle n'est efficace que si les données utilisées pour l'entraîner sont de bonne qualité. « Si nous laissons ces systèmes prendre des décisions, nous sommes en difficulté car beaucoup de données sont biaisées, dit-elle. Il n'y aura pas d'erreur sur le cancer du sein: vous avez une tumeur ou vous n'en avez pas. Ni, par exemple, sur la qualité du sol: le sol est bon ou mauvais. Mais l'intelligence artificielle n'a pas de rôle légitime dans les décisions sociétales ou d'autres processus subjectifs de prise de décision dans les entreprises, la politique ou la communauté. »

D'une certaine façon, l'avenir est déjà là, même sans clones numériques ni réalités virtuelles. Nous sommes nombreux à avoir eu des expériences en miroir ou alternatives grâce aux deepfakes et shallowfakes. Nous sommes constamment exposés aux

fausses personnes et aux fake news générées numériquement et développées à l'aide de l'apprentissage profond et de méthodes lowtech beaucoup plus simples. Dans quelle mesure ces trucages créent-ils des réalités virtuelles? Comment évolueront les sociétés alors que nous ne pouvons plus nous fier à nos sens, ou à la physique, pour déterminer si quelque chose est réel?

Même s'ils sont utilisés partout, des campagnes de santé publique à l'éducation, et dans la culture, les deepfakes sont aujourd'hui connus pour leur utilisation dans la pornographie, les arnaques et la fraude. Comment pouvons-nous même commencer à penser à réglementer quelque chose que nous ne pouvons peut-être pas détecter? Et quelles sont les implications juridiques des deepfakes à l'heure de la mondialisation?

Le monde numérique de demain soulève beaucoup d'autres questions philosophiques qui vont bien au-delà de notre expérience actuelle de la technologie. Pourquoi créons-nous des secondes versions de réalités et pour qui? Sommes-nous sur le point de réaliser l'utopie implicite de la réalité virtuelle pour nous-mêmes, ou sommes-nous en fait en train de construire des «mondes miroirs» pour que les machines apprennent à mieux naviguer dans l'environnement humain? Parmi les principales avancées technologiques, quelles sont celles qui rendent ces réalités en miroir possibles?

Comme dans le film *Matrix*, « détendez-vous » en explorant avec nous l'avenir des mondes miroirs, les deepfakes, les jumeaux numériques et tout ce qui se trouve entre les deux. ■

MISES AU DÉFI PAR

Les ordinateurs n'ont pas de valeurs. Les deepfakes sont-ils un problème technique ou un problème fondamental de société, remonté à la surface avec une certaine ampleur et une certaine accessibilité?

À ce stade, les deux sont inextricables, on ne peut pas dire que c'est simplement un problème humain ou un problème technique. Trouver un vocabulaire commun ou un cadre de référence pour influencer l'impact de la technologie sur les valeurs sociales est l'un des grands défis auxquels sont confrontés les législateurs et les développeurs de technologie. Bien évidemment, la technologie est un outil, mais les valeurs peuvent affecter ou déformer la fabrication de l'outil en premier lieu. Je pense que nous observons cette tension assez clairement en ce moment dans les débats sur l'intelligence artificielle et les préjugés.



Ce cocktail composé de technologie, de valeurs sociales, de l'interaction entre les deux, de préjugés des développeurs de technologie et de mondialisation est incroyablement complexe. Où devons-nous commencer à réfléchir sur la gestion des deepfakes, et est-ce même possible?

En effet, les innovations progressent à un rythme sans précédent, et le processus politique peine à suivre. Il n'y a pas de levier simple à tirer pour régler ce problème, mais beaucoup de travail est fait pour rendre le processus réglementaire plus souple et créatif. De plus, même si cela peut prendre du temps aux législateurs pour se familiariser avec les technologies émergentes, ils peuvent ensuite agir assez rapidement. Par exemple, ces dernières années, il y a eu beaucoup de changements en matière de protection des données. Les développements avec l'intelligence artificielle et les plateformes de réseaux sociaux arriveraient bientôt à un point critique. Les législateurs rattrapent leur retard et commencent à tracer des lignes à ne pas dépasser. Certains de ces précédents nous aideront peut-être à éviter les mêmes erreurs avec la technologie deepfake. ■

LES DEEPFAKES

Les histoires de faux, de contrefaçons, de fortunes et de folie ont intrigué les gens à travers les siècles, de l'Athénien Onomacrite qui, vers 500 av. J.-C., aurait été un faussaire de vieux oracles et poèmes, à Shaun Greenhalgh qui, entre 1978 et 2006, a créé des centaines de contrefaçons de la Renaissance, impressionnistes et autres, amassant plus d'un million d'euros avant de terminer en prison. **PAR TANYA PETERSEN**

UNE COURSE À L'ARMEMENT

En ce début des années 20 numériques, avec un accès de plus en plus facile à l'intelligence artificielle et à l'apprentissage machine à l'origine des deepfakes, le professeur Touradj Ebrahimi de l'EPFL l'affirme : « Nous sommes à un tournant. Nous avons démocratisé les contrefaçons. Dès qu'elles surgissent, la confiance disparaît. »

Le deepfake est une technique de synthèse qui consiste à remplacer une personne ou un objet, dans une image ou une vidéo existante, par une autre qui lui ressemble afin de créer du faux contenu. Les deepfakes sont générés à l'aide de méthodes d'apprentissage profond. Ils impliquent l'entraînement d'architectures de réseaux neuronaux génératifs, comme des auto-encodeurs ou des GAN (réseaux antagonistes génératifs).

LES DEEPFAKES, ENTRE LE BIEN ET LE MAL

Bien qu'ils aient émergé sur le devant de la scène il y a seulement quatre ans, les deepfakes se sont fait une réputation dans la pornographie vengeresse et ciblant des célébrités sans leur consentement, les fake news, les arnaques et la fraude. Mais ils ont aussi leur bon côté.

Cette technologie est utilisée dans de multiples domaines, notamment dans des campagnes de santé publique, dans l'éducation et dans les installations culturelles. Fin 2020, l'ancien footballeur David Beckham a été numériquement transformé en un homme de 70 ans pour la campagne contre le paludisme « Malaria must die, so millions can live ». Des personnages historiques ont été ramenés à la vie dans des musées, par exemple Salvador Dalí qui est « apparu » au Salvador Dalí Museum de Saint Petersburg, en Floride.

Dans le divertissement, la technologie du deepfake est utilisée pour créer des lieux et permettre de faire intervenir des fantômes ou hologrammes. Par exemple, en 2019, dans le film *Star Wars: l'ascension de Skywalker*, Carrie Fisher incarnait, trois ans après son décès, le rôle de la princesse Leia.

LA FIN DES TOP MODELS ?

Sabine Süsstrunk, professeure et responsable du Laboratoire d'images et représentation visuelle de la Faculté informatique et communications de l'EPFL, présente ses derniers travaux. « Nous avons pris le modèle StyleGAN2 préentraîné et nous avons trouvé les vecteurs sémantiques qui créent les yeux, la bouche ou le nez, en les affinant de sorte à pouvoir les modifier localement. Imaginons que vous créez une fausse image qui vous plaît, mais vous n'aimez pas les yeux. Vous pouvez utiliser une autre fausse image de référence et commencer à les modi-

fier. Aujourd'hui, nous pouvons même modifier la bouche, les yeux et les oreilles sans la moindre image de référence. Je peux modifier facilement un visage, le faire sourire, rétrécir les yeux, retrousser le nez ou l'abaïsser. »

La publicité pourrait être le principal domaine d'utilisation de ces deepfakes. Sabine Süsstrunk laisse entendre que cela pourrait être la fin des top models. « Ce sont de fausses personnes qui prétendent être un faux quelque chose. Vous n'avez pas de problèmes de copyright, pas de photographe, pas d'acteur, pas de modèle. Nous ne pouvons pas encore faire le corps, mais ce n'est qu'une question de temps. »

C'est ce type d'image que cible la recherche de Touradj Ebrahimi. En tant que responsable du Multimedia Signal Processing Group de la Faculté des sciences et techniques de l'ingénieur, il a travaillé dans la compression, la sécurité des médias et la confidentialité pendant toute sa carrière. Il y a quatre ans, il a également commencé à se pencher sur un nouveau problème : comment l'intelligence artificielle peut-elle être utilisée pour enfreindre la sécurité en général ? Les deepfakes en sont un exemple manifeste.

UN JEU DU CHAT ET DE LA SOURIS

« Comme le problème provient de l'intelligence artificielle, je me demandais si celle-ci pouvait aussi faire partie de la solution. Pouvons-nous combattre le feu par le feu ?, s'interroge-t-il. Nous créons des deepfakes et nous les détectons, en mettant en opposition les algorithmes, qui s'améliorent dans ce qu'ils font. Mais c'est une course à la rivalité ou un jeu du chat et de la souris. Et quand vous êtes dans ce jeu, vous voulez vous assurer que vous n'êtes pas la souris. Malheureusement, nous sommes les souris et ce jeu ne peut pas être gagné à long terme. »

Outre la détection, Touradj Ebrahimi a commencé à travailler sur l'idée de la provenance, élément qui a entraîné la chute du maître faussaire Shaun Greenhalgh au début des années 2000. Dans les médias numériques, c'est une approche dans laquelle les métadonnées sont intégrées dans le contenu à leur création, ce qui certifie leur source et leur histoire. Une initiative de l'industrie est la « coalition pour la provenance et l'authenticité des contenus », C2PA, dirigée par Adobe, Microsoft et la BBC. Parallèlement, Touradj Ebrahimi travaille avec le comité JPEG pour développer une norme *open source* universelle sous l'égide de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Certifier la provenance n'empêchera pas la manipulation, mais elle fournira en toute transparence aux utilisateurs finaux des informations sur le statut de tout contenu numérique qu'ils rencontreront.



Sabine Süsstrunk admet que la détection des fraudes est un jeu à court terme. Elle soutient le certificat de provenance, tout en ajoutant que ses derniers deepfakes seraient indétectables car ils ne contiennent pas d'artéfacts. Elle souhaiterait aussi que le débat porte autant sur la philosophie que sur la technique.

« Nous devons mieux expliquer ce que signifient réellement le numérique et l'intelligence artificielle. Il n'y a pas d'intelligence dans l'artificial. Je ne dis pas que nous n'y arriverons pas, mais que, à l'heure actuelle, nous abusons de la terminologie. Si quelqu'un crée un deepfake, il n'y a pas de système informatique qui essaie de vous piéger. Il y a une personne avec de bonnes ou de mauvaises intentions derrière cela. Je crois vraiment que l'éducation est la réponse. Cette technologie ne va pas disparaître. »

« Ces deepfakes seront souvent partagés dans les groupes de réseaux sociaux auxquels nous n'avons pas accès. Il existe tout

un monde fermé qui est un canal pour tout type de fausses informations et dont nous ne saurons rien. Ce n'est plus un débat technique, mais une discussion qui intègre des valeurs sociales et la réglementation des entreprises de technologie. »

A l'avenir, Touradj Ebrahimi s'inquiète d'un manque d'indication de provenance ou de normalisation au-delà des informations visuelles. « Récemment, la Télévision suisse nous a demandé de créer un deepfake du président de la Confédération Guy Parmelin. C'est sur l'audio, et non sur la vidéo, que les gens ont détecté le deepfake. Même si l'audio et la vidéo sont impeccables, la synchronisation entre les deux est extrêmement difficile à gérer. Je veux traiter les deepfakes de manière multimodale, pour gérer la relation entre l'audio et la vidéo. Je travaillerai également sur les outils pour la sécurisation de la provenance. Si vous pouvez falsifier le contenu, vous pouvez le faire avec les métadonnées. Ce sera donc essentiel pour que cette approche fonctionne. » ■



«Il ne t'est jamais arrivé de ne pas savoir si tu étais déjà réveillé ou tous, Neo...» Au début du film "Matrix", le héros a déjà des doutes sur la qu'il n'ait encore rien vu de la Matrice. Comment distinguer la perception dans un monde qui n'est que l'ombre d'autre chose? **PAR ROLAND FISCHER**



encore endormi? Cela nous arrive à réalité de sa vie quotidienne, bien réelle d'un état de rêve? Vivons-nous

C'est une pensée étonnamment ancienne. Nous n'avons pas eu besoin d'attendre la réalité virtuelle ou Hollywood pour imaginer ce conte dystopique semi-religieux : des humains maintenus dans un état inconscient par des machines maléfiques intangibles. L'« argument du rêve » est, au moins, aussi vieux que la pensée occidentale, formulée dans l'antiquité par Platon et Aristote. Dans *Méditations métaphysiques*, Descartes a écrit : « Je me ressouviens d'avoir été souvent trompé, lorsque je dormais, par de semblables illusions. Et m'arrêtant sur cette pensée, je vois si manifestement qu'il n'y a point d'indices concluants, ni de marques assez certaines par où l'on puisse distinguer nettement la veille d'avec le sommeil, que j'en suis tout étonné. »

Sous une forme plus contemporaine, nommée « théorie de la simulation », l'idée a été particulièrement populaire au cours des dernières décennies, notamment dans les cercles de la Silicon Valley. Ses partisans comptent de grands noms de la technologie, la plus célèbre étant peut-être Elon Musk. « Si vous supposez un certain taux d'amélioration, alors les jeux deviendront indiscernables de la réalité », a-t-il déclaré récemment dans un podcast, avant d'ajouter : « Nous sommes très probablement dans une simulation. » L'idée : certaines formes de vie supérieures exécutent une simulation – les motivations derrière cela diffèrent – et nous ne sommes rien de plus que des artefacts dans ce monde simulé. L'évolution est l'expérience et le monde est la boîte de Pétri. On nous fait croire que nous existons, mais en fait, nous ne sommes même pas un rêve. Nous sommes des bits et des octets, c'est tout. La réalité est ailleurs, sur un parc de serveurs dans une dimension différente peut-être.

Cela ressemble un peu à *Second Life*. Vous vous souvenez de *Second Life*? Un monde simulé avec des graphismes grossiers et des couleurs sursaturées, où les gens se promènent sous forme d'avatars. « *Second Life* est toujours là, en fait », affirme Jean-François Lucas, collaborateur externe du Laboratoire de sociologie urbaine de l'EPFL et expert en villes numériques, sociologie de l'innovation, mondes virtuels et jeux vidéo. Il a étudié le phénomène à l'époque et s'est depuis tourné vers d'autres intérêts, mais il estime que le nombre d'utilisateurs réguliers est toujours d'environ 50'000. « Il existe tout un ensemble de motivations différentes pour passer du temps dans de tels espaces virtuels », dit-il, l'une d'entre elles étant très sociale – rencontrer des gens. Il pense que ces secondes versions du monde seront toujours complémentaires ; elles ne remplaceront jamais la « première » version. Il ne croit pas que « nous pourrions créer une représentation parfaite du monde, parfaite pour chacun d'entre nous ». Que signifierait la perfection dans ce contexte de toute manière ? Une copie parfaite ou une version perfectionnée et améliorée du monde plus ou moins défectueux ? Tout cela devient de nouveau très philosophique, comme dans la courte nouvelle de Luis Borges *De la rigueur de la science*. Dans ce texte, Luis Borges imagine la quête d'une carte du monde parfaite : « Avec le temps, les Collèges Cartographiques levèrent une Carte de l'Empire, qui avait la taille de l'Empire et qui coïncidait avec lui, point par point. »

LE MONDE MIROIR PREND FORME

Point par point, pixel par pixel. Et si ce n'était pas vraiment une coïncidence que la théorie de la simulation ait attiré un tel public dans les années qui ont suivi *Matrix*? Car, en fait, nous sommes en train de créer ces simulations du monde, pour de vrai. Le monde miroir prend forme lentement. Le terme « monde miroir » a été inventé par l'informaticien de Yale David Gelernter et est devenu célèbre grâce au fondateur du magazine *Wired*, Kevin Kelly, qui le fait figurer sur la couverture du numéro de mars 2019.

Le monde miroir est en fait bien plus qu'une carte, et n'est pas seulement une version actualisée de *Second Life*. Dans son article de *Wired*, Kevin Kelly parle de « paysages numériques

émergents» qui auront l'air réel: «Ils induiront ce que les architectes paysagistes appellent un sentiment d'espace.» Il veut dire que dans cette seconde réalité, qui se superpose à celle que nous connaissons, la représentation des choses sera bien plus que des cartographies de la contrepartie réelle. «Un bâtiment virtuel aura du volume, une chaise virtuelle aura tout d'une chaise, et une rue virtuelle aura des couches de textures, des vides et des intrusions qui véhiculeront tous une impression de rue.»

De la science-fiction? Récemment, plusieurs entreprises ont mis au point des mondes cartographiés très impressionnantes, dont certains sont des représentations des nôtres, d'autres des pays imaginaires. Il y a un point commun frappant entre ces entreprises: elles ont toutes un lien avec l'industrie du jeu. La première raison à cela est évidente. La technologie des jeux a évolué si rapidement ces dix dernières années que, soudainement, les environnements de jeux commencent à ressembler à des mondes entiers. Grâce à la réalité artificielle, certaines expériences de jeu s'infiltrent vraiment dans le monde réel. L'imagination fusionne avec la réalité ou, en fait, devient réalité. Et en tant qu'utilisateurs, nous participons activement à la création de ces simulations: Niantic, l'entreprise à l'origine de *Pokémon Go*, développe actuellement une carte 3D du monde, en collaboration avec sa base de joueurs. Comme le souligne John Hanke, fondateur de Niantic, dans *Wired*: «Si vous pouvez résoudre un problème pour un joueur, vous pouvez le faire pour tout le monde.»

Il n'est donc pas vraiment surprenant que l'industrie du divertissement soit à l'origine de certains des développements les plus audacieux en matière de simulations de monde. Le moteur Unity, d'abord développé comme une plateforme de jeux, ne cesse d'étendre sa gamme à d'autres applications. En 2019, Disney s'en est servi pour créer des arrière-plans pour *Le Roi lion*. Le jeu à succès Fortnite a aussi récemment lancé une série de grands concerts live. Le plus grand, organisé par Travis Scott, a attiré plus de 12 millions de téléspectateurs. Il n'est peut-être pas si exagéré d'imaginer des films et des jeux convergeant bientôt vers un seul et même genre.

Wenzel Jakob n'est pas totalement convaincu. Directeur du Laboratoire d'informatique graphique réaliste de la Faculté informatique et communications de l'EPFL, il a participé au développement de certains algorithmes utilisés dans le

rendu de ces réalisations numériques. «Oui, nous sommes devenus très performants dans le rendu d'images photoréalistes. Vous pouvez le voir au cinéma.» Mais ce procédé est gourmand en ressources et coûteux, selon Wenzel Jakob, «cela peut prendre jusqu'à huit heures pour une seule image». Hollywood peut le faire, mais pour atteindre le même niveau de photoréalisme dans les jeux, il faut un autre saut quantique dans le rendu d'algorithmes. Toutefois, regarder les dernières démos avec la technologie de traçage de rayons de Nvidia (une nouveauté qui a «bouleversé le monde», du moins celui de Wenzel Jakob) et le moteur Unreal Engine 4 d'Unity, c'est comme avoir un aperçu de ce futur. «Les jeux ont peut-être dix ans de retard, ce n'est probablement qu'une question de temps», affirme Wenzel Jakob. En attendant, il a déjà fait un pas de plus (voir encadré).

La seconde raison pour laquelle le développement du monde miroir est porté par l'industrie du jeu est beaucoup moins intuitive. Elle est liée à l'intelligence artificielle. Nvidia a peut-être commencé son activité dans les processeurs graphiques principalement dans l'industrie du jeu, mais elle est devenue un fournisseur indispensable de matériel d'intelligence artificielle. Dans ce qui ressemble à un autre exemple de convergence des mondes, l'entreprise a récemment annoncé son intention de créer un «métavers». «Chaque usine et chaque bâtiment auront un jumeau numérique qui simulera et suivra en permanence la version physique de celui-ci», explique le directeur général de Nvidia, Jensen Huang, dans un entretien dans le magazine *Time*. Ces jumeaux ne serviront pas seulement de terrains d'essai pour les logiciels. Selon Jensen Huang, chaque code et sa fonction seront d'abord simulés et optimisés dans le monde numérique avant d'être chargés dans la version physique. Cela deviendra également un terrain d'expérimentation de plus en plus précieux pour les intelligences artificielles.

DES COUCHES RECOUVRANT DES COUCHES

Cette idée m'est venue aux journées «Applied Machine Learning Days» de 2020. Danny Lange, vice-président pour l'intelligence artificielle et l'apprentissage machine chez Unity Technologies, a prononcé un discours fascinant intitulé «Simulations - la nouvelle réalité pour l'intelligence artificielle» au SwissTech Convention Center à Lausanne. Il a ex-

Rendre le monde meilleur en prenant des algorithmes à l'envers

Pour un informaticien comme Wenzel Jakob qui s'intéresse beaucoup aux mathématiques, les algorithmes sont bien plus que des lignes de code. Ils regroupent de longues séquences d'opérations mathématiques dont le comportement peut être contrôlé et modifié à l'aide d'outils mathématiques pour des applications surprises et imprévues. C'est aussi l'idée de base d'un réseau neuronal, qui peut être considéré comme une sorte de «modèle d'algorithme» susceptible de devenir un certain nombre de choses différentes. Le catalyseur mathématique derrière tout cela est une méthode ingénieuse appelée

définition en mode inverse, également connue sous le nom de rétropropagation dans le domaine de l'intelligence artificielle. Cela se résume à exécuter le code à l'envers et à l'ajuster, transformant le modèle en quelque chose de réellement utile. Cette idée s'étend bien au-delà des réseaux neuronaux. Par exemple, la précédente recherche de Wenzel Jakob portait sur des méthodes de production d'images photoréalistes, une application classique de la simulation d'équations physiques. Or l'exécution de telles simulations à l'envers s'avère être une approche étonnamment fructueuse pour répondre à de nombreux problèmes

complexes. Les applications potentielles vont de l'extraction d'informations à partir d'images médicales à l'analyse de grands ensembles d'images satellites en climatologie. Soudainement, un domaine mathématique qui servait auparavant principalement les besoins de l'industrie du divertissement est devenu une mine d'outils utiles «pour rendre le monde meilleur», comme le dit Wenzel Jakob. Si les simulations (par exemple d'effets de lumière) relèvent de la «marche avant», alors aller dans la direction opposée (d'une image ou d'une constellation résultante vers sa genèse) offre de nombreuses informations sur les mécanismes internes de ce sujet spécifique. ■

pliqué comment la technologie du jeu vidéo 3D en temps réel pouvait être utilisée pour générer « des quantités quasiment infinies de données d'entraînement pour l'apprentissage machine supervisé en vision informatique, ou pour l'apprentissage par renforcement non supervisé ». Quiconque connaît la difficulté de la collecte de données de qualité suffisante pour ces processus d'apprentissage se rendra compte à quel point cela pourrait changer les paradigmes de l'intelligence artificielle dans les années à venir.

Alors peut-être que nous le faisons pour les machines plutôt que pour nous. Quel que soit celui qui en profite le plus, le résultat sera une interconnexion totale, estime Kevin Kelly : « Tout ce qui est connecté à Internet sera connecté au monde miroir. Et tout ce qui est connecté au monde miroir verra et sera vu par quiconque dans cet environnement interconnecté. » En retour, cela pourrait donner aux machines des capacités surhumaines dans le monde réel. Elles auraient une super-perception en réseau : quand un robot déambulerait dans une rue, il ne verrait pas notre monde, mais la version du monde miroir de cette rue. Le robot aurait assimilé les contours du paysage urbain cartographiés par d'autres machines et pourrait fusionner des milliers de perceptions de capteurs. Il pourrait voir dans les recoins et à travers les murs, car les yeux d'autres robots seraient déjà passés par là. Des simulations recouvrant des données de synthèse, elles-mêmes recouvrant l'Internet des objets.

Cela ressemble beaucoup à un conte de robots souverains tiré de Hollywood ou à une vision techno-utopique d'un « über-monde ». Jean-François Lucas connaît la chanson : « Nous continuons à réactiver d'anciens mythes sur la super-réalité. C'est en fait la même histoire qui se répète sous différentes formes. La technologie a progressé, mais la narration est pratiquement restée la même. »

D'autres contes paraissent également familiers, mais touchent des aspects plus sombres. Vous vous souvenez de l'épisode « Bientôt de retour » de la célèbre série *Black Mirror*, une version moderne de Frankenstein ? De nouveau, la fiction semble devenir réalité, car certaines entreprises commencent à proposer des *chatbots* personnalisés qui ressemblent à nos êtres chers disparus. Avec les derniers progrès vraiment étonnantes des modèles de langage (comme le tout dernier GPT3), nous pouvons nous attendre à nouer des contacts étroits avec des personnages virtuels, dans les jeux, mais aussi dans nos réalités quotidiennes. Comme nous avons tendance à vivre de plus en plus nos vies sociales sur des plateformes numériques, ces personnages n'auront pas besoin d'être incarnés. Les machines sont déjà responsables de la majeure partie du contenu des réseaux sociaux. Nous savons, et nous avons tendance à croire, que nous pouvons surpasser facilement les robots, mais cela est voué à changer dans les années à venir. Ainsi, de manière inévitable, notre réalité ressemble de plus en plus à un mélange de réel et de simulation.

MESCALINE NUMÉRIQUE

C'est là l'éternel problème de la réalité virtuelle : jusqu'où les mondes simulés peuvent-ils s'écartier du monde réel ? Certains disent que la véritable percée viendra avec la réalité augmentée. Dans ce cas, nous devrons attendre le retour de Google Glass ou d'un concurrent. D'autres parlent de réalité mixte. Mais nous aurons encore à apprendre de ces réalités, et certaines leçons utiles pourraient aussi provenir du Groupe de recherche en interaction immersive de l'EPFL, dirigé par Ronan Boulic. Une visite de ce laboratoire est une expérience étrange. Dans *Matrix*, Choi répond bien à la question de Neo : « Tout le temps, mec. Ça s'appelle la mescaline. C'est la seule façon de planer. » La mescaline d'aujourd'hui pourrait bien être les lunettes de réalité virtuelle. Elles peuvent du moins vous offrir des expériences assez psychédéliques, par exemple voir la copie numérique de votre main posée

sur une table, comme si c'était réel. Sauf que si vous levez l'index, vous voyez votre majeur se relever, et vice versa. Essayez de commander les deux doigts pendant un moment, et quelque chose dans votre cerveau se détraque. Ce que vous voyez n'est pas ce que vous obtenez. Le Groupe de recherche en interaction immersive vise un mélange de neurosciences et de recherche pratique en réalité virtuelle, comme l'explique la doctorante Loën Boban. Jusqu'où peut-on tolérer l'irréalité en réalité virtuelle et croire encore à la simulation ? L'expérience de la main, aussi simple soit-elle, montre qu'il n'y a certainement pas de ligne claire à tracer ici. Ronan Boulic considère que, au vu de nos moyens technologiques actuels, nous sommes encore « loin de la matrice ». Pour lui, la « frontière dure » est un système mécanique permettant d'agir réellement. « D'importants progrès ont été réalisés pour tromper les canaux de la perception audiovisuelle, mais cela fait uniquement partie de la réalité ressentie ; c'est autre chose de simuler les sens de l'équilibre, les mouvements du corps et l'interaction avec l'environnement sans risquer une douleur réelle. » Autrement dit, il y a toujours un mur ou une chaise quand vous voulez plonger, courir ou voler dans les mondes de réalité virtuelle réalistes. Et comment simulez-vous l'effort d'une montée raide si vous êtes chez vous dans votre petit appartement ?

MONDES VIRTUELS SANS ISSUES

« Les mondes miroirs vous immangent sans vous retirer de l'espace », écrit Keiichi Matsuda, ancien directeur artistique de Leap Motion, une entreprise qui développe la technologie des gestes de la main pour la réalité augmentée. « Vous êtes toujours présent, mais sur un plan différent de la réalité. Souvenez-vous de Frodon lorsqu'il enfile l'Anneau unique. Plutôt que de vous couper du monde, il forme un nouveau lien avec lui. »

C'est une vision légèrement différente de celle imaginée par l'écrivain de science-fiction Stanislaw Lem en 1964. Dans le sixième chapitre de son recueil d'essais très accessible intitulé *Summa Technologiae*, Stanislaw Lem a imaginé une technologie appelée « fantomatique » qui consiste à inventer des situations où il n'existe aucune sortie des mondes imaginaires créés dans le monde réel. Pas de pilule rouge. Mais serait-ce si mauvais, si l'illusion était agréable ?

Que peut vivre une personne connectée à un générateur fantomatique ? Tout. Elle peut gravir les Alpes, errer sur la Lune sans combinaison spatiale ni masque à oxygène, conquérir des villes médiévales ou le pôle Nord en dirigeant une équipe engagée et en portant une armure étincelante. Elle peut être acclamée par la foule comme le vainqueur d'un marathon ou le plus grand poète de tous les temps et recevoir un Prix Nobel des mains du roi de Suède ; elle peut aimer Madame de Pompadour et être aimée par elle.

Ça paraît génial, non ? Mais revenons à l'argument du rêve. Voudrions-nous même continuer à vivre dans une réalité qui laisse à désirer s'il existe une bien meilleure simulation ? Et pourrions-nous être amenés à croire que la simulation est vraiment réelle ? Loën Boban est un peu destabilisée quand un visiteur aborde le sujet. Spécialiste de la robotique, du contrôle et des systèmes intelligents, elle ne comprend pas les peurs ; elle voit plutôt une opportunité incroyable : « Nous pourrions créer un monde dans lequel chacun aurait des superpouvoirs ; nous pourrions visiter des lieux que nous n'aurions jamais la chance de voir ; nous pourrions avoir des liens étroits avec des personnes éloignées. » Elle ne pense pas que cette évolution serait une mauvaise chose. Elle imagine volontiers échanger notre expérience réelle du monde avec cette expérience virtuelle. Mais d'ici là, il y a beaucoup de recherche fondamentale à faire. « Je serais très fière et très heureuse de pouvoir contribuer au développement d'une telle technologie. » ■

Sarah Kenderdine a bien des choses à dire sur l'état de l'art (des arts) et l'avenir des musées. Depuis plus de 20 ans, elle est pionnière d'expériences interactives et immersives destinées à des galeries, des bibliothèques, des archives et des musées. Rencontre avec l'actuelle directrice du Laboratoire de muséologie expérimentale de l'EPFL sur l'aura des œuvres d'art numériques et sa prochaine exposition, «Deep Fakes: Art and Its Double». **PAR ROLAND FISCHER**

Toute œuvre d'art serait-elle nécessairement une contrefaçon ?

Non, bien sûr – c'est plutôt la tension entre le vrai et le faux. Dans le domaine artistique, ce sujet ne date pas d'hier.

Votre prochaine exposition à EPFL Pavillons est intitulée «Deep Fake: Art and Its Double». Je subodore que vous ne faites pas uniquement référence au terme omniprésent dans le monde numérique ni au champ de mines politique de la manipulation audiovisuelle.

Cela joue avec ces sujets, bien sûr. Mais si mon expérience professionnelle m'a appris une chose, c'est bien que les contrefaçons – ou, pour utiliser un terme moins provocateur, les copies – ont la capacité de susciter d'intenses réactions émotionnelles. Il n'est pas nécessaire d'être confronté à l'œuvre d'art originale pour éprouver cette réaction.

Pourriez-vous nous fournir un exemple ?

Prenez les trésors préhistoriques qui se trouvent dans des grottes fermées au public pour des raisons de conservation. Nous avons été chargés de réaliser des fac-similés numériques des œuvres abritées dans les grottes de Mogao, un site du nord-ouest de la Chine inscrit au Patrimoine mondial de l'Unesco. Les projets *Pure Land* ont fait le tour du monde pour donner accès au site d'une façon qui n'aurait pas pu se faire sur place. Et nous voulions trouver des moyens de faire «vivre» les œuvres et non seulement de les donner à regarder. C'est pour ça que nous avons créé ce que l'on pourrait qualifier de «muséographie incarnée».

Ce qui nous amène, bien sûr, à l'essai de Walter Benjamin *L'œuvre d'art à l'époque de sa reproduction mécanisée*. On sait qu'il y affirme que toute reproduction d'une œuvre d'art perd inévitablement l'aura de l'original. Selon vous, de quoi parle-t-il exactement ?

L'aura est un concept plutôt nébuleux, mais je pense qu'il s'agit avant tout de l'effet qu'une œuvre d'art produit sur nous. Or, je sais que cet aspect de l'œuvre d'art n'est pas réellement perdu lorsqu'on la reproduit numériquement, et je pense en fait que depuis le début, Benjamin a été mal interprété. Bruno Latour et Adam Lowe ont trouvé une façon judicieuse de repenser le concept d'aura dans un contexte plus contemporain. Ils appellent ça la «migration de l'aura». Quant à moi, je préfère «prolifération de l'aura».

Elle peut donc migrer également dans la sphère numérique ?

Ça dépend bien sûr de la façon dont on s'y prend. Si on se contente de numériser des œuvres et de les mettre en ligne, elles se perdront facilement dans le bruit et la vitesse du monde virtuel. Je veux trouver d'autres solutions, des expériences numériques qui impliquent le spectateur de façon réellement active.

Cela peut-il aller au-delà de l'expérience classique du musée ?

Et rapprocher le spectateur de l'œuvre d'art ?

J'en suis convaincue ! Imaginez une personne qui visite le Louvre. Si elle veut voir la Joconde, elle n'y parviendra sans doute pas réellement, ou alors de loin, en raison du grand nombre d'autres personnes présentes dans la salle au même moment. Mon travail consiste donc à repositionner le spectateur : je veux rendre l'expérience de l'œuvre interactive et immersive – on doit pouvoir se mouvoir à travers les œuvres d'art.

Selon vous, quel potentiel la réalité virtuelle offre-t-elle aux musées ?

A mon sens, c'est un sujet complexe. Telle qu'elle est utilisée actuel-

lement, avec des écrans montés sur casque, c'est une expérience qui isole totalement le spectateur. Ce qui me paraît beaucoup plus intéressant, c'est de créer des situations où des groupes de personnes vivent une expérience commune. Je pense que l'interaction sociale est au cœur de l'expérience muséale : c'est en échangeant avec autrui que les gens construisent une interprétation des œuvres. C'est comme ça qu'on discute de l'art, c'est comme ça qu'il prend vie.

Dans ce cas, où en sont les musées à votre avis ? Ont-ils accepté le défi du numérique ?

A cet égard, il ne fait aucun doute que le COVID a eu un impact considérable : les musées vont devoir redéfinir leurs relations avec le public. Et, bien sûr, ce défi va bien au-delà des expositions proprement dites : il concerne également les programmes scolaires, les services de sensibilisation, etc. Et puis, en plus de la crise du COVID, on a assisté à un changement radical de discours en lien avec le mouvement #BlackLivesMatter et d'autres remises en question de propos établis. Je suis convaincue que le numérique a un rôle à jouer dans la démocratisation de l'art. Mais les structures de nombreux musées sont assez rigides en la matière. La question du numérique devrait être au cœur même des décisions curatoriales, et non être traitée par les départements communication des musées. Les jeunes curateurs qui ont compris cela prennent peu à peu la relève, mais ce virage prend du temps.

Comment voyez-vous la situation en Suisse ?

Je suis sûre qu'ici aussi nous allons assister à de grands changements. La Suisse compte au total environ 1100 musées, dont une majorité de petites entités : 75% de ces musées accueillent moins de 5000 visiteurs par an. Quel rôle ces musées jouent-ils dans leur communauté où ils sont sans aucun doute importants ? Je vois là un certain nombre de défis intéressants, y compris pour le numérique : il ne suffit pas de mettre en ligne des bases de données sur les collections ou de faire filmer le musée pour permettre sa visite virtuelle. L'engagement du public est déterminant.

Nous avons beaucoup parlé du potentiel des représentations numériques d'objets – celles-ci impliquent-elles également des dangers selon vous ? Personnellement, craignez-vous la montée en puissance du fake ?

On sait que cette évolution comporte de réels dangers. Le développement technologique peut bien sûr aller dans les deux sens – nous pouvons utiliser ces outils pour créer de nouvelles expériences, ou bien pour manipuler les gens à travers des versions falsifiées du monde. Dans le monde de l'art, nous avons conçu de bonnes pratiques pour garantir que l'on soit toujours en mesure de distinguer le «vrai» du «faux.»

Autrement dit, à l'avenir, le but ne sera pas de proposer une immersion parfaite ?

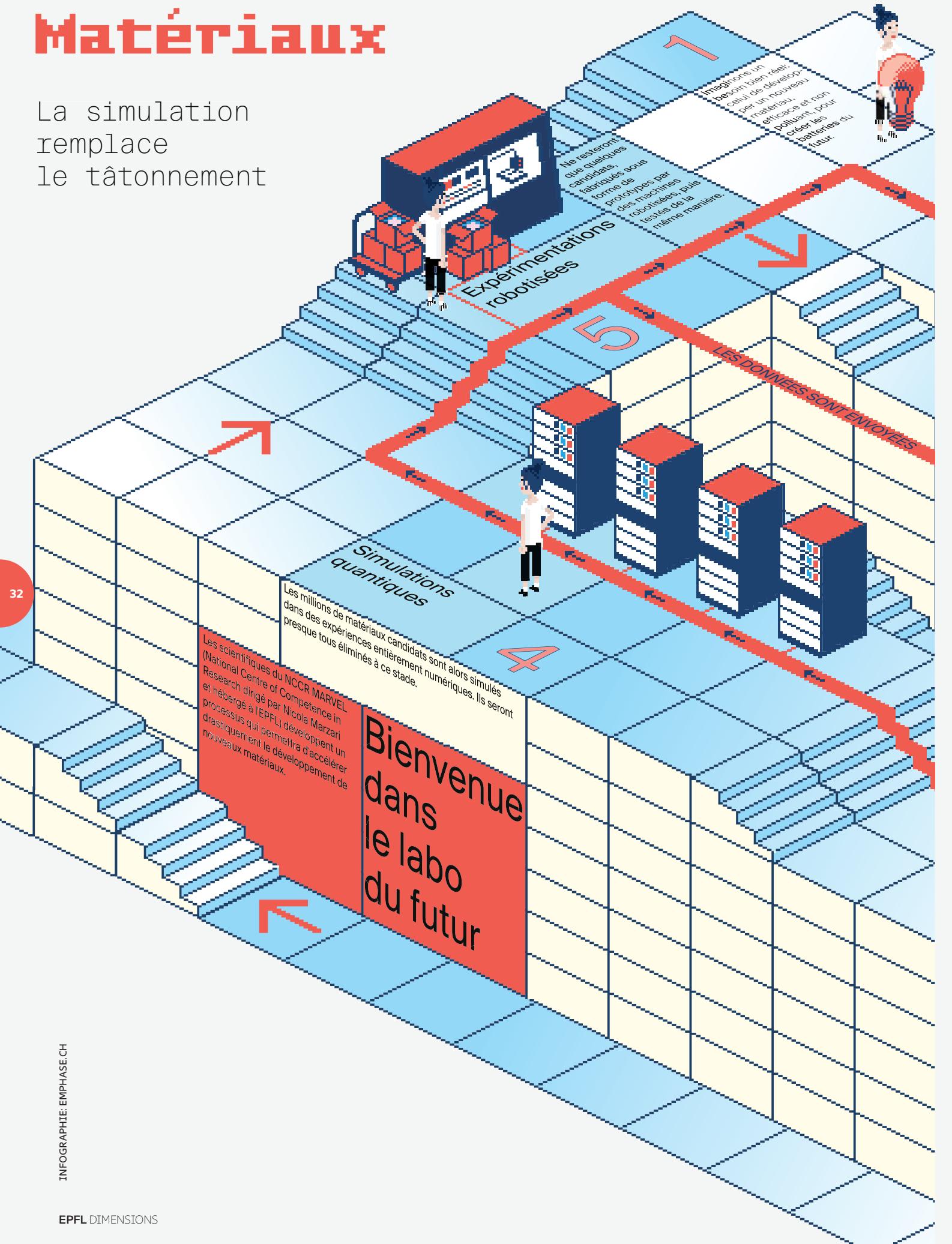
Pas nécessairement en effet. Je suis très consciente qu'une grande partie de la technologie et des connaissances que j'emploie provient de l'univers des jeux vidéo. En tant que créatrice d'œuvres d'art, j'ai la responsabilité de ne pas chercher à séduire l'utilisateur comme le ferait une expérience de jeu. L'art est davantage qu'un simple divertissement. ■



«ON DOIT POUVOIR
SE MOUVOIR À TRAVERS
UNE ŒUVRE D'ART»

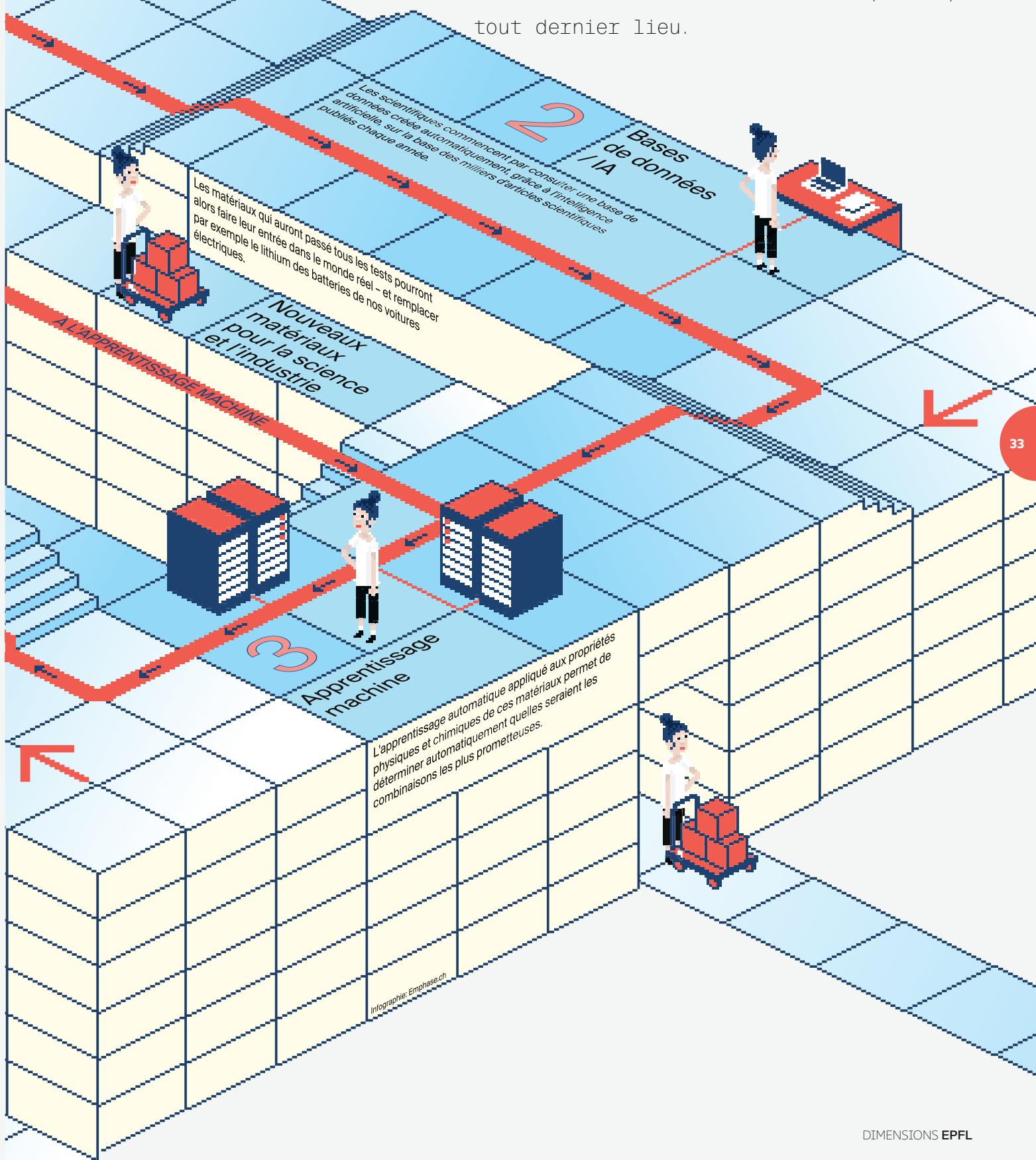
Matériaux

La simulation
remplace
le tâtonnement

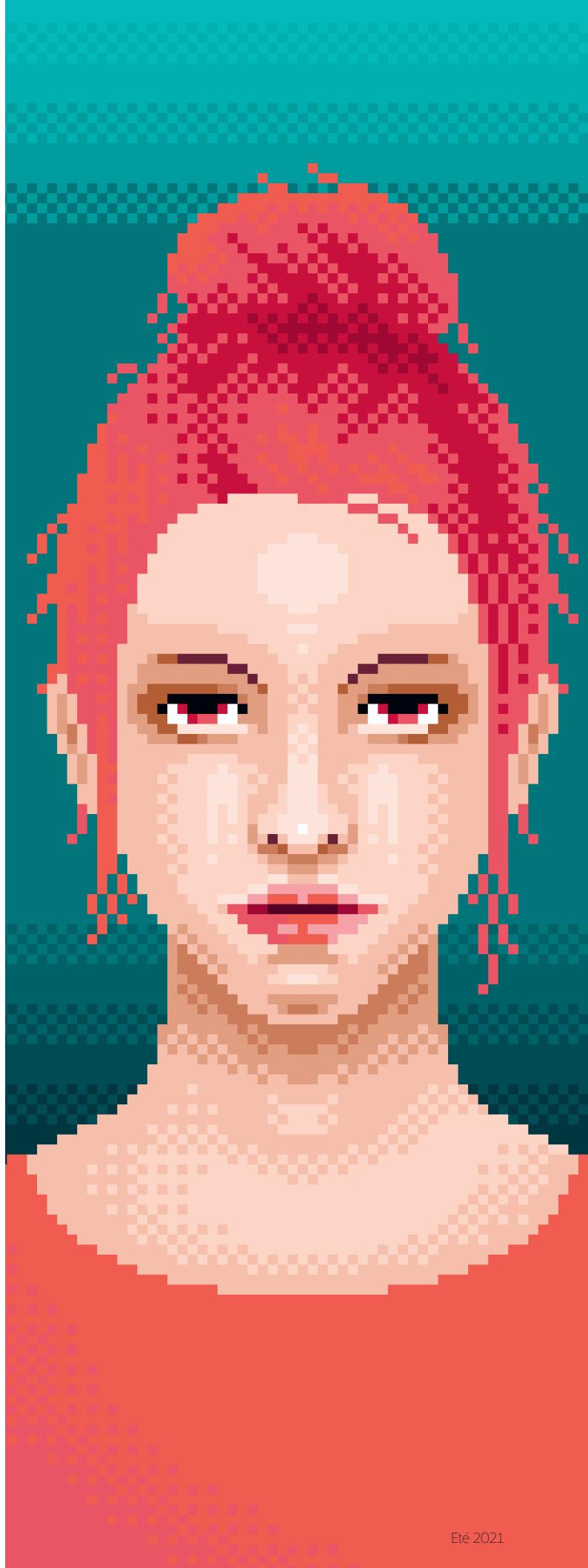
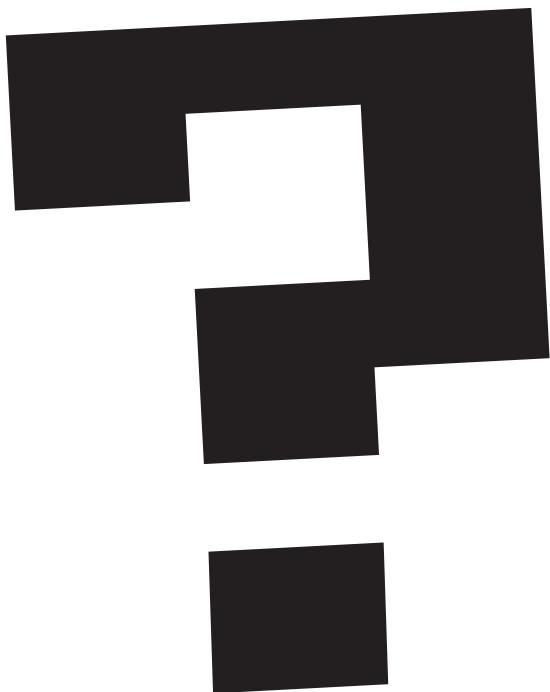


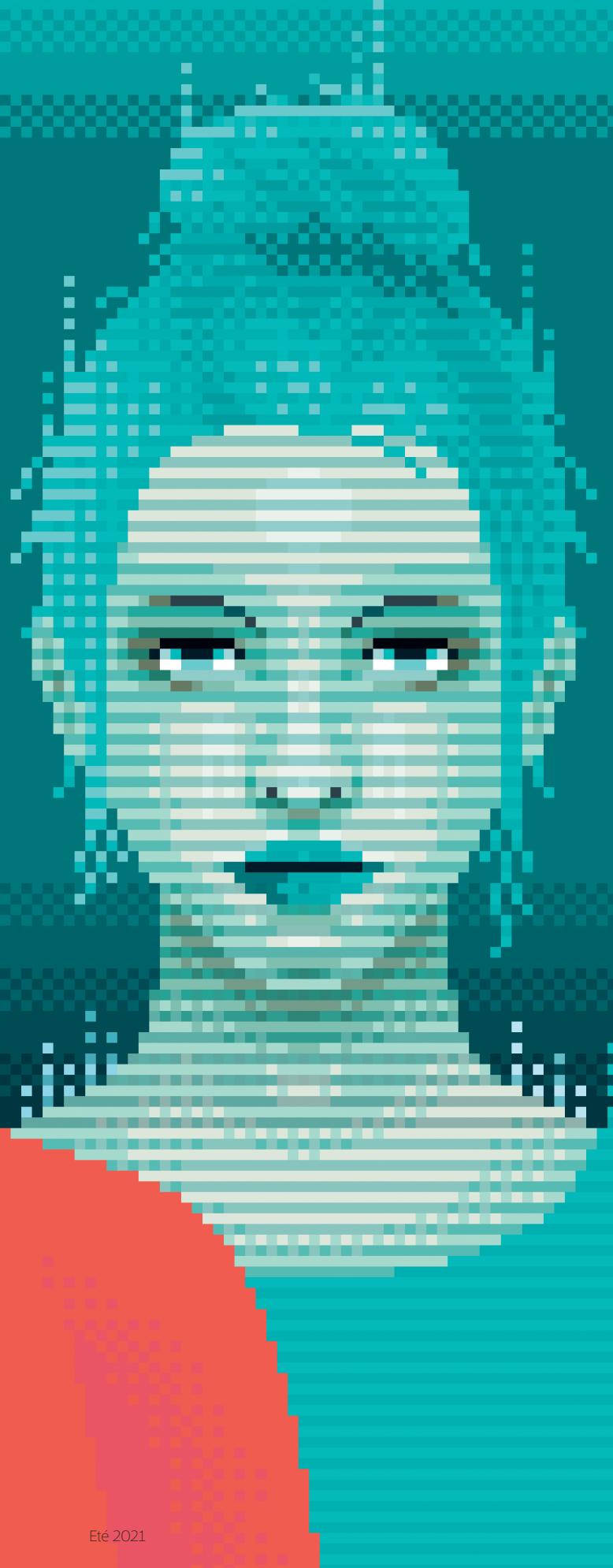
Historiquement, la recherche de nouveaux matériaux passait par un long processus de conception, fabrication et tests. La numérisation permet aujourd'hui de réaliser des millions de combinaisons moléculaires, de calculer les propriétés du matériau ainsi obtenu et de simuler son comportement.

La fabrication et les tests en condition réelle des meilleurs candidats n'interviennent plus qu'en tout dernier lieu.



MON JUMEAU NUMÉRIQUE EST-IL MALADE





Savant mélange d'intelligence artificielle et de données personnelles, la technologie du jumeau numérique révolutionne déjà la pratique de la médecine. Elle n'en pose pas moins des questions éthiques et légales, notamment autour de la collecte massive de données médicales pour que l'intelligence artificielle puisse fonctionner efficacement. Faut-il craindre le développement de nos clones digitaux? Enquête au cœur de la santé du futur. **PAR VALÉRIE GENEUX**

Imaginez une copie numérique de votre corps. Une sorte de clone virtuel. Ce jumeau fictif détient toutes vos données médicales : âge, poids, taille, antécédents médicaux, rythme cardiaque, activité des organes, taux de cholestérol et patrimoine génétique, entre autres. Ces données sont transformées en formules mathématiques et introduites dans un système informatique géré par de l'intelligence artificielle et des algorithmes. Le jumeau numérique fonctionne en temps réel avec les données du patient, mais aussi avec celles de tous les autres jumeaux numériques existants.

Le but ? Faire des prédictions médicales et fournir des traitements personnalisés. Les médecins pourront annoncer des cancers encore non déclarés et tester un traitement sur le clone digital, observer ses réactions puis prescrire le meilleur dosage à leurs patients. La communauté scientifique voit en cette future technologie une révolution où la bonne santé n'aurait plus de secrets. Des jumeaux numériques d'organes ont déjà été développés ou sont en cours de l'être. Celui du corps entier est attendu d'ici une quinzaine d'années. Mais derrière la prouesse scientifique, plusieurs acteurs s'interrogent sur l'aspect éthique de cette technologie, sur l'utilisation et la protection des données personnelles qui en découlent, notamment par des entreprises privées.

UN MODÈLE VIRTUEL ET PRÉCIS

A la base, le jumeau numérique n'est pas seulement un concept médical : il se retrouve dans la conception d'objets en trois dimensions tels que les moteurs, les machines et même les villes. Les ingénieurs exploitent cette technologie pour conceptualiser la relation entre un objet physique et un modèle numérique connecté capable d'en prédire les comportements. « La représentation se révèle efficace pour suivre le cycle de vie de l'objet, depuis sa production jusqu'à son utilisation et enfin sa destruction ou son recyclage », explique Frédéric Kaplan, directeur du Laboratoire d'humanités digitales de l'EPFL.

Adrian Ionescu, directeur du Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques de l'EPFL, énumère les avantages du jumeau numérique humain : « Il va faire baisser les coûts de la santé en détectant les incompatibilités de médicaments avec les patients et les maladies avant leur phase chronique. Il permettra aussi de diminuer le nombre d'erreurs médicales, qui sont la troisième cause de décès dans le monde après les cancers et les maladies cardio-vasculaires. Pour qu'un jumeau numérique soit fiable et précis, l'un des principaux défis à relever est toutefois la qualité des données utilisées pour le construire.

◎ L'intelligence artificielle qui gérera le jumeau numérique sera également capable de créer de nouvelles données à partir de celles existantes. Cela signifie que les algorithmes seront à même de fabriquer des patients virtuels. Les panels de testeurs seront remplacés par l'intelligence artificielle et par des essais cliniques virtuels. Cela possède un nom : les expériences *in silico*. De plus, si le jumeau numérique détient toutes les informations médicales d'une personne, il pourra aussi fournir des indications sur les membres de sa famille. Cela se révèle utile pour la détection de maladies génétiques par exemple.

DOUBLE DE L'ŒIL ET DU CŒUR

Si le double numérique du corps entier est encore de la musique d'avenir, plusieurs entreprises privées et publiques ont déjà développé ce concept pour un organe spécifique.

En France, le jumeau numérique cardiaque de l'INRIA sert à planifier la thérapie pour les patients souffrant d'insuffisance cardiaque et pour les interventions dues aux tachycardies ventriculaires. « Chaque patient peut obtenir le jumeau numérique de son cœur en une trentaine de minutes en se basant sur une image scanner. Le cardiologue gagne un temps considérable, car il teste d'abord son intervention sur le jumeau numérique. Une fois dans le bloc opératoire, il sait exactement ce qu'il doit faire », déclare Maxime Sermesant, chercheur à l'INRIA et coordinateur de SimCardioTest, un projet européen qui vise à créer un jumeau numérique pour les thérapies cardiaques.

Même son de cloche en Suisse du côté d'Optimo Medical, où le jumeau numérique de l'œil permet de planifier l'opération de la cataracte. Le praticien prend des mesures de l'œil du patient qu'il introduit dans le logiciel. « Le chirurgien individualise le traitement en fonction de chaque patient en testant d'abord l'intervention sur le clone. Il passe à l'acte sur le vrai œil seulement si la chirurgie a été correctement programmée et expérimentée sur le jumeau numérique. Les risques de mauvais gestes sont quasiment réduits à zéro », explique Harald Studer, directeur général.

Chez Dassault Systèmes enfin, les chercheurs ont déjà mis au point un jumeau numérique de cellules cancéreuses et du cœur. Ils sont engagés dans un programme de double du cerveau et ont incubé dans leur laboratoire une version digitale du pied et de la cheville, comprenant la reconstruction intégrale des os, articulations, tendons, ligaments et tissus mous. « Ces jumeaux numériques vont toujours de pair avec un besoin et une problématique spécifiques. Celui du cerveau va servir aux patients résistants aux traitements contre l'épilepsie par exemple », précise Patrick Johnson, vice-président senior chez Dassault Systèmes.

EN ATTENTE DE FINANCEMENT

Si certains discutent encore de la possibilité qu'une telle intervention voie le jour, Adrian Ionescu, lui, n'a aucun doute. « A



l'heure actuelle, nous sommes capables de récolter des données génomiques, sur notre métabolisme et sur l'influence de notre environnement, qui incluent entre autres la pollution, notre nutrition, notre niveau de stress. Nous avons surmonté le premier obstacle, qui était de trouver un moyen de collecter et de traiter toutes ces données de haute qualité, grâce à des micro- et des nanotechnologies avancées. Nous pouvons également trouver certaines caractéristiques dans les données collectées avec les algorithmes de machine learning actuels. Le prochain défi consistera à développer des méthodes pour les interpréter, ce que nous ferons avec l'intelligence artificielle, tandis que la décision et l'action finales resteront du ressort de l'homme », souligne le chercheur à l'EPFL.

Si aujourd'hui le jumeau numérique en santé reste encore peu répandu, cela est dû aux compétences interdisciplinaires qu'il requiert et aux besoins importants en matière de financement. Ceci explique aussi pourquoi des institutions publiques comme l'EPFL n'ont pas toutes des programmes spécifiques dédiés au développement de cette technologie et qu'elle est l'apanage des entreprises privées. « Il faut bien comprendre que le jumeau numérique sollicite plusieurs domaines de connaissances alliant l'ingénierie, la science des capteurs, le machine learning et le médical. Nous disposons de toutes ces technologies de pointe qu'il convient désormais de mettre ensemble. Pour cela, nous avons besoin d'une réelle volonté politique », indique Adrian Ionescu.

Le médecin généraliste neuchâtelois Jean Gabriel Jeannot tient à rappeler la réalité du terrain. Pour lui, les praticiens ne sont pas prêts à accueillir cette nouvelle technologie et à travailler avec. Or, « si les professionnels de la santé ne sont pas les moteurs, le jumeau numérique restera difficile à implanter. Aujourd'hui, certains médecins utilisent encore le fax. Les avancées technologiques en matière de santé se feront sans doute sous la pression des patients », affirme-t-il.

L'OMBRE DES ENTREPRISES PRIVÉES

La technologie de notre avatar médical, malgré ses perspectives séduisantes, présente de nombreuses zones d'ombre. Car qui dit jumeau numérique dit aussi collecte massive de données médicales pour que l'intelligence artificielle puisse fonctionner efficacement : plus elle en possède, plus elle devient précise dans ses prédictions. Aujourd'hui, les entreprises et hôpitaux qui utilisent cette technologie n'exploitent que des données de patients recueillies après avoir obtenu leur consentement explicite. Mais des acteurs moins scrupuleux pourraient se fournir en données directement sur Internet, car des failles subsistent. « Il est du reste tout à fait possible que les institutions publiques aient recours à des partenariats avec des firmes privées pour la réalisation et la commercialisation d'une telle technologie », estime Valérie Junod, professeure de droit à l'Université de Lausanne et avocate. Qu'adviendra-t-il de nos données médicales si elles sont détenues par des privés ? La sécurité sera-t-elle garantie ? Que se passera-t-il si cette technologie n'est pas développée dans l'intérêt public, mais dans le but de faire du profit ?



Pour Patrick Johnson de Dassault Systèmes, la solution viendra d'une compréhension affinée des offres. «On peut considérer que la question s'est aussi posée avec les données bancaires. Les banques, qui sont des acteurs privés, ont tout mis en œuvre pour garantir la sécurité des données de leurs clients. Avec les jumeaux numériques dans la santé, le besoin est identique. Si cette technologie ne peut assurer la sécurité des données, elle n'aura tout simplement pas de patients.

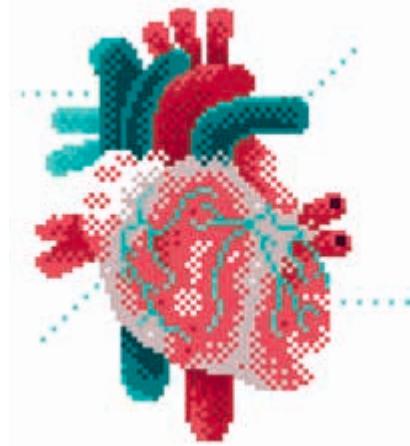
UN «INTERNET DE LA SANTÉ»

Adrian Ionescu reconnaît que cette technologie comporte une part de risques notamment en matière de stockage des données médicales. «Il y a plusieurs solutions possibles, mais aucune n'est idéale. La communauté scientifique imagine une banque de données localisée dans les hôpitaux ou une banque nationale. Mais les politiques nationales divergent entre les pays. Il serait intéressant d'avoir une banque à l'échelle européenne. Ou de créer un Internet de la santé où les données seraient entreposées et protégées», envisage le scientifique. Une chose est certaine, le *cloud*, tel qu'il est conçu aujourd'hui, ne correspond pas aux standards de sécurité qu'exige la technologie du jumeau numérique.

L'utilisation d'une telle technologie par des acteurs privés soulève aussi le problème du fonctionnement de l'intelligence artificielle. Celui qui détiendra le code possédera tout le pouvoir de cette technologie. Les algorithmes ont prouvé qu'ils ne sont pas neutres et reflètent nos biais de pensée. L'intelligence artificielle qui en découle n'est souvent pas complètement objective. «Dans le domaine de la santé, il apparaît essentiel de pouvoir remettre en doute et critiquer ces codes. Or comment y avoir accès s'ils sont détenus par des entreprises privées?» s'interroge Bertrand Kiefer, rédacteur en chef de la *Revue médicale suisse*. Aujourd'hui, personne n'est en mesure de contester les choix de l'intelligence artificielle ni de faire recours contre ses décisions. L'apprentissage automatique reste une boîte noire que même les programmeurs et ingénieurs ne comprennent pas totalement et n'arrivent pas à expliquer.

LE DROIT DE NE PAS SAVOIR

Les questions éthiques agitent régulièrement le domaine de la santé en général: par exemple autour de la vente des données médicales et des bénéfices financiers à en tirer, sur le fait que la médecine soit considérée comme un marché avec une offre, une demande et une rentabilité, ou encore sur les questions relatives aux rapports coûts-bénéfices d'une innovation. Pour le jumeau numérique, établir une liste exhaustive des enjeux éthiques le concernant s'avère ardu, car ses futures utilisations ne sont pas encore toutes connues. Etant donné que cette technologie se veut prédictive, l'éthique englobera cette thématique. Notamment sur le



droit de savoir ou de ne pas savoir. «Cette question ainsi que des découvertes fortuites où on échappe au consentement éclairé se posent aussi dans le cas d'un jumeau numérique. Comment respecter la volonté du patient s'il ne désire pas savoir? Comment se positionner si l'on apprend des informations sur des membres de notre famille?» pointe Samia Hurst, professeure en bioéthique à l'Université de Genève. Une solution avancée par la chercheuse est de catégoriser et lister les décisions pour lesquelles une personne voudrait recevoir - ou pas - les informations médicales pertinentes.

TERME DE «JUMEAU» MAL CHOISI

Avec le jumeau numérique, et a fortiori toutes les technologies qui touchent à l'intelligence artificielle, notre société ne fait-elle pas preuve de craintes irrationnelles? Pour Johan Rochel, cofondateur de la start-up ethix, qui aborde les enjeux éthiques de la transition numérique, il s'avère important d'utiliser les bons mots afin de déconstruire des appréhensions qui n'auraient pas lieu d'être. «Le jumeau numérique ne sera rien d'autre qu'un dossier médical le plus complet possible. Employer le terme de jumeau est une manière d'humaniser cette technologie et de créer une narration basée sur l'idée d'un avatar numérique. Les bases de données et les algorithmes existent déjà et sont une fabuleuse promesse pour une médecine personnalisée, mais il n'y a pas besoin de parler de jumeau», explique-t-il. «Et le jumeau numérique ne remplacera jamais le praticien. Il s'agit d'un outil de travail supplémentaire», confirme Adrian Ionescu.

UN AVENIR TOUT TRACÉ

Malgré la complexité du corps humain, les différentes échelles, les modes de fonctionnement et les interconnexions entre les organes, les scientifiques sont optimistes face à l'émergence du jumeau numérique dans le domaine de la santé. Les industriels et les chercheurs l'affirment: les doubles d'organes apportent déjà beaucoup à la médecine et continuent d'évoluer pour être de plus en plus performants.

Même si cette technologie semble encore abstraite, elle sera d'ici quelques années une évidence avec laquelle il faudra composer. Face aux réflexions et aux craintes qu'elle suscite, l'avenir nous réserve peut-être un dénouement inattendu que même l'intelligence artificielle n'aurait pas prévu. ■



Grande interview de Frédéric Kaplan,
directeur du Laboratoire d'humanités digitales,
dans le format «long read» de ce dossier:
go.epfl.ch/RealitesParalleles

UNE PLU

Kelsey Farish se décrit comme une actrice qui s'est fourvoyée sur le parcours de l'école d'art dramatique et qui a terminé en faculté de droit. Pourtant, c'est l'association de ces deux intérêts qui l'a attirée vers le droit de la publicité et le caractère approprié des images à des fins commerciales ou d'approbation. **PAR TANYA PETERSEN**



Aujourd'hui avocate dans le cabinet d'avocats londonien DAC Beachcroft, Kelsey Farish fait partie des grands experts européens en matière de deepfakes et conseille ses clients sur les questions en rapport avec les médias, la confidentialité et les technologies. «Quand j'ai entendu parler de cette technologie pour la première fois en 2018 et que j'ai commencé à écrire à ce sujet, c'était par hasard. Je fais aujourd'hui partie des quelques avocats à se spécialiser sur les questions en lien avec les deepfakes, en particulier la personnalité, les droits et le cadre des droits de la personne», précise-t-elle.

Les deepfakes indésirables ont clairement un côté sombre. Il est choquant de constater que plus de 90% des victimes de deepfakes sont des femmes. Elles font l'objet d'attaques ou de harcèlement sexuels en ligne par des deepfakes pornographiques sans consentement. Les motifs vont de la pornographie vengeresse, ou *revenge porn*, au chantage. Les deepfakes qui ciblent les politiciens ou le discours politique représentent moins de 5% de ceux qui circulent en ligne. Cela change vraiment le débat sur la manière d'aborder ou réguler les deepfakes sur le net.

Tim Berners-Lee, inventeur du World Wide Web, a signalé que la crise grandissante des attaques et de la discrimination

en ligne signifie que le web n'est pas adapté à la préservation du genre féminin, et que cela menace l'évolution mondiale sur l'égalité hommes-femmes. Kelsey Farish estime que la réglementation sur les deepfakes en ligne est inadaptée à l'objectif de protéger les femmes. Elle dirige les efforts pour mettre ce débat au premier plan.

«Le contrôle des deepfakes se résume vraiment aux tensions entre liberté d'expression et réglementation, et à moins qu'il y ait un préjudice spécifique délimité, par exemple la diffamation, la fraude ou l'exploitation des enfants, vous ne pouvez pas vraiment les réglementer. Alors, à chaque fois qu'un deepfake surgit, vous devez l'examiner de près et étudier de quoi il retourne», explique Kelsey Farish.

Elle a récemment témoigné devant le Comité d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (STOA) du Parlement européen sur un ensemble complet de nouvelles règles pour tous les services numériques dans l'Union européenne, y compris sur les réseaux sociaux, les marchés en ligne et d'autres plateformes en ligne en vertu des lois sur les services et les marchés numériques.

Dans l'UE, les individus ont légalement le droit d'être oubliés, autrement dit de demander à ce que leurs données privées soient supprimées des recherches Internet et d'autres répertoires dans certaines circonstances. Malgré cela, Kel-

LES DEEPFAKES ATTAQUENT LES

ESTIJA

GECKE

sey Farish se souvient d'une conversation avec ce comité sur la question de l'utilisation de ce droit légal pour contrer les deepfakes malveillants.

« Je me suis d'abord dit que l'on pourrait tout simplement faire effacer les deepfakes indésirables à l'aide d'une demande RGPD. Mais alors, vous devez vous demander à qui les femmes l'enverraient. A la personne qui a créé le deepfake ? Disons un individu qui vit chez sa mère dans l'Oklahoma ? Ou directement à Snapchat ou Facebook ? Ces plateformes manquent de ressources pour supprimer rapidement les posts problématiques. Facebook, par exemple, emploie 20'000 modérateurs chargés de surveiller le contenu téléchargé par les utilisateurs. Or, nous avons toujours des problèmes. D'un point de vue plus cynique, c'est sans doute dans l'intérêt commercial de Facebook, de Twitter et de Snapchat de conserver ces contenus loufoques en ligne, car cela génère des clics publicitaires. »

En plus des campagnes de sensibilisation de la salle de classe à la salle de conférence, Kelsey Farish considère que, d'un point de vue juridique, une étape importante dans la lutte contre les deepfakes pornographiques malveillants et sans consentement serait de reconnaître le droit de la personnalité numérique. Or, ce changement nécessiterait un soutien des entreprises de réseaux sociaux.

« Un individu doit pouvoir exercer son autonomie et son pouvoir sur sa présence dans l'environnement numérique sans avoir à dénoncer une atteinte à la vie privée, à la réputation ou un préjudice financier. Dans un monde idéal, chacun doit pouvoir demander la suppression d'images pour lesquelles il ne donne pas son consentement, confie Kelsey Farish. C'est une question sexospécifique qui aborde le problème plus large de l'exploitation des images de personnes vulnérables, qu'il s'agisse de femmes ou d'enfants, par des personnes qui pensent qu'elles peuvent faire ce qu'elles veulent impunément. Le droit de la personnalité numérique devrait être mis en balance avec le journalisme et d'autres considérations relatives à la liberté d'expression, mais ça pourrait être un petit changement de paradigme. » ■



L'égalité des chances fait partie intégrante
de la politique de développement
et d'excellence de l'EPFL.
epfl.ch/about/equality/fr/

FEMMES

L'EPFL DANS LE

40



Etat-Unis, Minnesota
Christophe Beck (Master 1991) a été nommé début 2021 CEO d'**Ecolab**, leader de solutions en matière d'eau, d'hygiène et de prévention des infections.



Etats-Unis, Californie
«Les réseaux sociaux pourraient aussi devenir des plateformes éducatives». Interview de **Rodrigo Schmidt** (PhD 2008).

Lire en page → 42



Etats-Unis, Floride
Le 25 janvier 2021, une fusée Falcon X a lancé les cinq premiers des 80 nanosatellites d'Astrocast, start-up issue de l'EPFL.



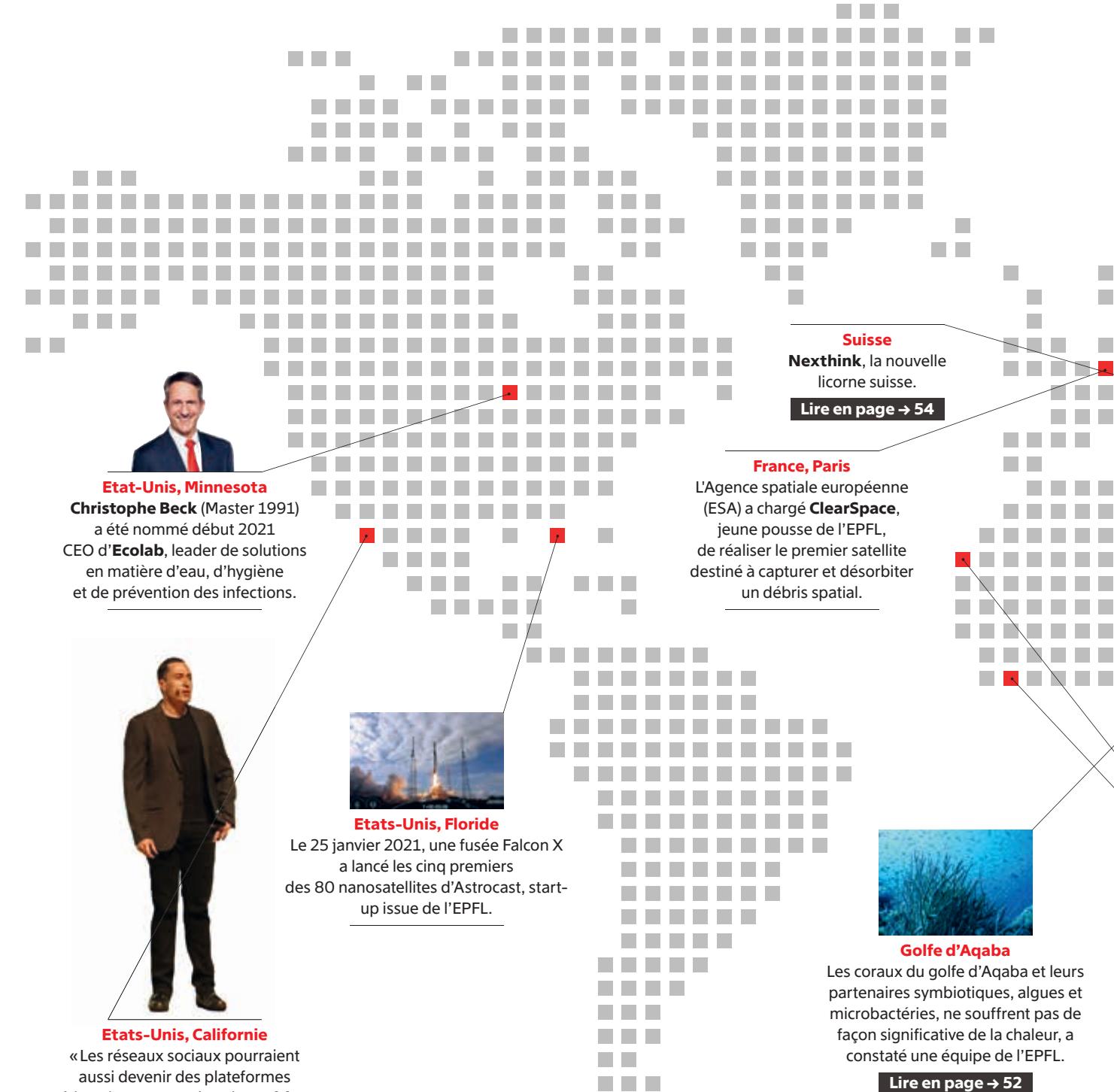
Golfe d'Aqaba
Les coraux du golfe d'Aqaba et leurs partenaires symbiotiques, algues et microbactéries, ne souffrent pas de façon significative de la chaleur, a constaté une équipe de l'EPFL.

Lire en page → 52

Suisse
Nexthink, la nouvelle licorne suisse.

Lire en page → 54

France, Paris
L'Agence spatiale européenne (ESA) a chargé **ClearSpace**, jeune pousse de l'EPFL, de réaliser le premier satellite destiné à capturer et désorbiter un débris spatial.



MONDE



Italie, Potenza

L'EPFL fait partie de l'équipe lauréate du concours de conception en deux étapes pour la restauration conservatrice et la mise en valeur du viaduc de l'industrie de Potenza, connu sous le nom de **ponte Musmeci**.

Russie, col de Dyatlov

Une enquête sur la cause de la mort mystérieuse en 1959 de neuf randonneurs dans les monts Oural.

Lire en page → 50



Kenya

L'EPFL développe un concentrateur à oxygène résistant aux conditions climatiques de l'Afrique subsaharienne.



Iran

Le professeur de l'EPFL **Mohammad Khaja Nazeeruddin** a remporté le 34^e Khwarizmi International Award en sciences fondamentales, décerné chaque année par le président iranien.



Corée du Sud

Sortie fin 2020 du nouveau disque pop de **Lucid Fall**, de son vrai nom Jo Yun-suk (PhD 2008), «Dancing with water».

Tanzanie, Kenya, Ouganda, Nigeria, Sénégal, Côte d'Ivoire

Dans le cadre de l'initiative conjointe « **Excellence in Africa** », entre l'EPFL et l'UM6P, six universités ont été sélectionnées pour accueillir les futurs centres en éducation digitale.

Inde

Premier roman de **Swati Rastogi Mayor**, (Master 2005), témoignage sur la condition féminine en Inde, *Une vie de non-dits*.

RODRIGO SCHMIDT

«J'ai été une des premières personnes à être engagées à l'étranger par Facebook.»



Après son doctorat à l'EPFL, l'ingénieur informaticien a connu les débuts de Facebook et d'Instagram. Il y occupe depuis près de 15 ans des postes de direction.

PAR ARNAUD AUBELLE



Comment vous a-t-il été possible de rejoindre Facebook alors que vous étiez jeune diplômé de l'EPFL ?

Je suis originaire du Brésil et j'ai intégré l'EPFL pour mon doctorat de science informatique. J'ai obtenu mon diplôme début 2008 et grâce à une bourse à l'innovation, je suis resté quelques mois de plus à l'EPFL pour mener des recherches postdoctorales. J'aurais vraiment voulu rester en Suisse, mais les options qui s'ouvriraient à moi étaient limitées et les opportunités n'étaient pas les mêmes que dans des pôles high-tech de plus grande envergure. J'ai donc passé des entretiens avec Microsoft, Intel, Yahoo! Labs à Barcelone et quelques autres. Et puis il y avait cette start-up, Facebook, qui n'employait qu'une petite centaine de personnes. Pour l'anecdote : comme à cette époque ils ne recrutaient pas à l'international, ils n'ont pas voulu prendre en charge mon billet d'avion pour me rendre à l'entretien en Californie. Mais je devais de toute façon me rendre aux Etats-Unis pour une conférence à Seattle, alors ils ont dit : « OK, on te rembourse le billet d'avion de Seattle à Palo Alto. » J'ai appris que j'avais décroché le poste pendant mon voyage de retour en Suisse, et en octobre 2008, j'ai officiellement commencé à travailler chez Facebook. Un de mes amis également diplômés de l'EPFL, Alok Menghrajani, et moi-même avons été parmi les tout premiers à être embauchés à l'international par Facebook.

Vous êtes aujourd'hui Senior Director of Engineering chez Instagram. Qu'est-ce qui vous a amené dans cette entreprise et quelles fonctions y occupez-vous ?

En fait, j'ai déjà été recruté deux fois par Instagram. La première fois, c'était en 2013, un an après l'acquisition de l'entreprise par Facebook. Étant moi-même utilisateur d'Instagram, que j'appréciais beaucoup, et souhaitant rejoindre l'entreprise, j'ai proposé mon aide. À cette époque, Instagram se développait de façon fulgurante et ses systèmes d'ingénierie avaient encore une grande marge de progression. Par exemple, les recommandations de contenus faites aux utilisateurs n'étaient pas personnalisées, et certaines solutions simplistes basées uniquement sur le nombre de *likes* favorisaient la prolifération de contenus manquant de pertinence comme les mèmes Internet. Même le fait que les *feeds* soient fondés uniquement sur la chronologie, en faisant apparaître les posts les plus récents en premier, rendait les choses trop faciles à contourner – il



« Instagram est différent car c'est un réseau fondé sur les centres d'intérêt au sens large. »

PROFIL

- 1978**
Naissance au Brésil
- 2008**
Diplômé de l'EPFL,
docteur en informatique
- Rejoint Facebook**
- 2013**
Devient Appointed
Director of Engineering
d'Instagram
- 2016**
Intègre une start-up
- 2018**
Revient chez Instagram
en tant que Senior
Director of Engineering
- Avril 2021**
Nommé Senior Director
of Engineering chez
Facebook AI

suffisait de publier du contenu en permanence pour arriver en tête du *feed* de son audience. J'ai participé à la création de notre équipe « données et personnalisation » pour améliorer notre produit grâce à des données de meilleure qualité et en mettant en place des systèmes d'apprentissage automatique. Résultat, Instagram offre désormais une expérience plus riche et plus individualisée. Cette vision a culminé dans le lancement du *feed* classé et des *stories* Instagram en 2016. A ce moment-là, j'ai senti qu'une page se tournait pour moi et j'ai décidé de quitter l'entreprise. Mais après un bref passage au sein d'une autre start-up, j'ai réintégré Facebook. Je suis revenu chez Instagram en 2018 pour superviser nos activités d'ingénierie dans l'ensemble des domaines de la monétisation, du commerce, de la découverte de contenus et des outils pour les créateurs. Le but général de notre groupe de produits, baptisé Interests, est d'aider les gens à se connecter aux choses qu'ils aiment. Nous sommes responsables de nombreuses fonctionnalités comme Ads, Shop, des outils créateur, IGTV ou Rechercher et Explorer, pour n'en citer que quelques-unes.

Sur le milliard de comptes Instagram actifs, 200 millions commercialisent des produits. Instagram est-il en train de devenir un réseau marketing plus qu'un réseau social ?

Je pense qu'Instagram propose un mix équilibré ! Pour une très grande part, la raison pour laquelle les gens s'inscrivent sur Instagram relève de l'aspect social – prenez les *stories* par exemple. La principale raison pour laquelle la plupart des gens vont sur Instagram restent les amis et la famille. Mais ce qui caractérise Instagram, c'est justement qu'on peut se connecter à ses centres d'intérêt au sens large – la famille et les amis, bien sûr, mais aussi d'autres intérêts comme, disons, la cuisine ou le sport. C'est sans doute ce qui fait qu'Instagram est différent : c'est avant tout un réseau fondé sur les « intérêts ». Et en tant que tel, il offre plus d'espace pour les contenus commerciaux en général, même en dehors des publicités payantes, qu'ils proviennent de créateurs, de comptes d'intérêt ou de personnes ordinaires. Il y a quelques années, ma femme et moi avons rénové notre maison. Nous avons trouvé des meubles qui nous plaisaient sur les comptes de décoration que nous suivions sur Instagram, mais il a fallu les acheter ailleurs parce qu'à l'époque on ne pouvait pas faire d'achats sur Instagram. C'est logique qu'aujourd'hui

on puisse cliquer sur une image, sélectionner le produit qu'on veut et l'acheter directement. Nous avons juste simplifié quelque chose qui existait déjà.

Comment Instagram va-t-il pouvoir perpétuer ce succès face à l'émergence de nouveaux concurrents ?

Je crois sincèrement qu'Instagram a encore un énorme potentiel de croissance. Les smartphones ne peuvent que s'améliorer, tout comme d'autres technologies telles que la réalité augmentée qui se perfectionnent d'heure en heure et joueront assurément un rôle clé dans la façon dont nous nous connectons les uns aux autres. Le shopping sur Instagram n'en est encore qu'à ses débuts. Nous investissons beaucoup dans l'expérience personnelle des utilisateurs. Nous pouvons encore améliorer les fonctionnalités d'Instagram pour aider les gens à créer du contenu. Pour vous donner un exemple, j'ai de nombreux amis et membres de ma famille qui utilisent Instagram, mais ne partagent pas beaucoup de contenus eux-mêmes. Les *stories* ont fait du chemin, mais nous pouvons encore trouver de nouvelles façons de faciliter la création de contenus comme nous avons facilité la consommation de contenus. De nouvelles fonctionnalités comme Reels, que nous avons lancée en 2020 et qui permet aux utilisateurs d'enregistrer des vidéos multiclip de 15 secondes, vont dans ce sens en proposant des contenus légers et amusants.

A votre avis, pourquoi l'Europe en général et la Suisse en particulier n'ont-elles pas été capables de donner naissance à une entreprise comme Facebook ou Instagram ?

Je ne pense pas que cela soit dû à une unique raison. Pour qu'une entreprise ait du succès, il faut que différents éléments interagissent : la formation, le financement, le talent, les investisseurs, les opportunités. En Suisse, il y a bien sûr de l'argent, et le système éducatif est de très haut niveau. L'EPFL comme l'ETH Zurich sont des établissements d'excellence, et je souhaiterais vraiment que mes enfants fassent leurs études en Suisse ! Mais il y a moins d'entreprises, moins d'opportunités, et du coup c'est plus dur de retenir les talents. En ce qui me concerne, je voulais rester en Suisse, et ma femme également, mais nous n'y avons pas trouvé les opportunités que nous cherchions. La Silicon Valley, elle, offre tout cela, et son écosystème fonctionne désormais de manière autonome, ce qui est extrêmement difficile à reproduire.



«La réalité augmentée se perfectionne d'heure en heure et jouera assurément un rôle clé dans la façon dont nous nous connectons les uns aux autres.»

L'un des aspects les plus délicats des réseaux sociaux est la modération de contenus et le contrôle de leur pertinence. Oui, c'est là un aspect majeur pour notre entreprise dans son ensemble, et l'intégrité est quelque chose que nous prenons très au sérieux. Nous vérifions les contenus douteux et supprimons les publications qui ne respectent pas nos lignes directrices. Mais comme il existe des millions d'utilisateurs Facebook et Instagram de par le monde, nous avons besoin d'un système modulable – il est évident que nous ne pouvons pas vérifier chaque publication «à la main». Là où l'ingénierie informatique, et plus particulièrement l'apprentissage automatique et l'IA, peut s'avérer utile, c'est dans l'automatisation du processus, en intégrant des paramètres de tri et des modèles qui repèrent automatiquement les contenus malveillants, qu'il s'agisse de fake news, de contenus pornographiques, violents ou autres – la liste est longue. Le problème est que plus notre technologie devient performante,

plus les producteurs de contenus malveillants le deviennent aussi, parce qu'ils apprennent rapidement à mettre au point des solutions de contournement. Il nous faut donc avoir une longueur d'avance sur eux à chaque étape du processus. Ce qui me rend optimiste, c'est que grâce à la manière dont l'apprentissage automatique et la technologie évoluent, nos modèles deviennent extrêmement robustes.

Prenons l'exemple des deepfakes, puisque c'est le sujet de ce numéro. Quelle technologie utilisez-vous pour les combattre ?

Précisons tout d'abord que tous les contenus deepfake ne sont pas nécessairement mauvais. Certains médias créatifs peuvent s'appuyer sur cette technologie pour créer un effet intéressant sans pour autant tromper leur audience. Mais si un contenu a été manipulé par un deepfake dans le but de diffuser de fausses informations, il faut pouvoir déterminer qu'il s'agit d'un faux. A mon avis, la technologie la plus prometteuse pour y parvenir est l'apprentissage automatique. Il est possible de construire des algorithmes de tri qui identifient les fausses vidéos à partir de très vastes recueils de médias, tant authentiques que faux. Le problème, c'est que si on leur laisse suffisamment de temps, les deepfakes pourraient finir par être aussi bons que les vraies vidéos. Mais pour l'instant, ça reste théorique : dans la pratique, il y a toujours de petits détails qui indiquent qu'une vidéo est truquée. On ne sait pas toujours de quels signaux il s'agit, mais les bons modèles détectent que quelque chose ne va pas. Et ils le font de manière extrêmement efficace, même s'ils ne parviennent pas à identifier précisément ce qui ne va pas. Une autre technologie, qui est déjà utile aujourd'hui et sera susceptible de l'être encore plus à l'avenir, est celle des certificats. Même si les deepfakes deviennent très difficiles à identifier, des certificats numériques pourraient être utilisés pour authentifier les vidéos véritablement authentiques.

Autre enjeu essentiel, auquel les utilisateurs accordent de plus en plus d'attention : la protection des données personnelles. Comment cela a-t-il affecté votre activité d'ingénieur chez Instagram ?

Facebook comme Instagram traitant des données éminemment personnelles, cela affecte mon travail de manière significative. Nous veillons à la protection des données à tous les niveaux, du plus élémentaire – ➤➤➤



#rejoindreSIG

c'est construire ensemble la Smart City
au service du mieux vivre

#choosingSIG

means creating a Smart City for better living together

GeniLac

une innovation énergétique majeure et durable pour Genève
an essential and sustainable energy project for Geneva

80 %
d'émissions de CO₂ en moins pour le système de chauffage
reduction in CO₂ emissions for the heating system

80 %
d'électricité en moins pour le système de rafraîchissement
reduction in electricity for the cooling system

par exemple quel type de serveurs nous utilisons et où ils sont situés – jusqu'au produit que nous proposons, c'est-à-dire les paramètres et les outils qui permettent aux utilisateurs de gérer la confidentialité de leurs données et de leurs contenus. Et à chaque niveau, nous effectuons plusieurs contrôles de sécurité. Cela rend notre travail plus compliqué et plus rigoureux, ce qui est une nécessité compte tenu de la responsabilité qui est la nôtre.

Comment aimerez-vous voir évoluer les réseaux sociaux au cours des 10 prochaines années ?

Comme j'ai tendance à avoir des préférences très utilitaires, je suis fan d'outils de messagerie comme WhatsApp et Messenger. Ce type de systèmes de communication peut être extrêmement performant dans un monde où les personnes qui télétravaillent sont de plus en plus nombreuses. J'aimerais voir les réseaux sociaux étendre les fonctionnalités qu'ils proposent et devenir des lieux où l'utilisateur ne se contente pas de consommer du contenu, mais où il peut aussi accomplir certaines choses. J'ai parlé de la possibilité, désormais, de faire par exemple des achats sur Instagram : les réseaux sociaux pourraient aussi devenir des plateformes éducatives grâce auxquelles les utilisateurs pourraient élargir leurs connaissances. En termes de technologie, des fonctionnalités comme la réalité augmentée – qui apparaît par exemple dans la tendance des lunettes intelligentes – et même la réalité

« Les ingénieurs et les développeurs bénéficient d'une grande latitude, il est donc essentiel qu'ils comprennent leur responsabilité éthique. »

virtuelle joueront certainement un rôle clé dans la création de contenus plus attrayants.

On constate aujourd'hui une prise de conscience accrue de la responsabilité éthique qui accompagne le métier d'ingénieur. Comment peut-on mieux préparer la prochaine génération à cela ? Je suis trop éloigné du monde universitaire depuis 10 ans pour savoir comment on enseigne aujourd'hui, mais une chose est sûre, c'est que lorsque j'étais étudiant, le sujet de l'éthique n'était pas suffisamment abordé. Les ingénieurs et les développeurs de produits bénéficient d'une grande latitude, il est donc essentiel qu'ils comprennent leur responsabilité éthique – et l'éducation a un rôle clé à jouer en la matière. Il serait utile de proposer davantage de cours sur la responsabilité sociale, le product

thinking ou la conception empathique des produits par exemple. Et ça ne concerne pas seulement les universités : les entreprises doivent également se montrer responsables. Chez Facebook, nous avons mis en place un vaste programme d'intégration, et tout au long de leur carrière, les employés suivent des formations sur le respect de la vie privée, l'intégrité, la responsabilité sociale, etc. L'objectif est de s'assurer qu'ils s'approprient réellement le produit sur lequel ils travaillent et comprennent la responsabilité qui en résulte.

Cela fait bientôt 15 ans que vous vivez dans la région de San Francisco. De quelle façon cette région et son industrie technologique ont-elles évolué au fil des ans ?

Une des évolutions que j'ai constatées depuis que je suis ici est que le centre de gravité s'est déplacé de la Silicon Valley vers San Francisco. Quand je suis arrivé, San Francisco était moins populaire qu'aujourd'hui auprès de la communauté de la tech, qui se concentrait plus au sud. Mais vers 2010, beaucoup d'entreprises du secteur ont commencé à quitter la région de South Bay pour installer leur siège social en ville. Bien sûr, la Silicon Valley reste le grand pôle de la tech, c'est là que se trouvent les sièges de Facebook, d'Apple, de Google, etc. Mais il y a eu une certaine évolution. L'arrivée à San Francisco d'entreprises de la tech a entraîné un afflux de personnes plus jeunes et insufflé un peu de vie à la ville, ce qui est vraiment agréable.

Avez-vous encore des liens avec la communauté EPFL ? Et si oui, de quel type ?

Je suis encore en relation avec de nombreux amis de l'EPFL, et aussi avec mon directeur de thèse, Willy Zwaenepoel, ancien doyen de la faculté Informatique et communications. Ici, à San Francisco, je suis en contact avec Swissnex. Mais mes liens avec l'EPFL se sont un peu amenuisés avec le temps, et je suis d'autant plus heureux de reprendre le contact. Mon dernier séjour en Suisse date d'il y a neuf ans, et depuis cette époque, j'ai toujours eu envie d'y retourner. J'ai vraiment hâte d'y être ! ■

Depuis cette interview, Rodrigo Schmidt a été nommé Senior Director of Engineering chez Facebook AI.



Un conseil que j'aurais aimé qu'on me donne quand j'étais étudiant. Ne t'inquiète pas trop ! Portées par un peu de recherche et de persévérance, les bonnes voies finissent toujours par émerger.

Un endroit de l'EPFL qui me manque. Le dernier étage du bâtiment BC, où je lisais des articles scientifiques devant un panorama de montagnes.

Un endroit que j'aime beaucoup en Suisse. Je trouve Zermatt absolument magnifique !

Un endroit que j'aime beaucoup en Californie. Le parc de Yosemite est presque aussi magnifique que Zermatt.

Une découverte que j'ai faite pendant le confinement. J'ai appris à faire du pain au levain, et avec mon propre levain !

Une valeur que j'aimerais transmettre à ma fille. La curiosité, se laisser inspirer et motiver pour explorer et apprendre de nouvelles choses.

JULIA SCHMALE, PROFESSEURE DES SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE, DIRIGE LE LABORATOIRE DE RECHERCHE DES ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES







Johan Gaume et Alexander Puzrin effectuent une démonstration de faisabilité de leur étude à Davos, dans les Alpes suisses.

Quand la science explore ❁ un mystère russe vieux de 60 ans

Des chercheurs de l'EPFL et de l'ETH Zurich ont mené une enquête scientifique permettant de démontrer la cause probable de la mort mystérieuse en 1959 de neuf randonneurs dans les monts Oural, en ex-URSS. **PAR RÉMI CARLIER**

Lorsqu'un numéro inconnu s'affiche sur le téléphone du chercheur de l'EPFL Johan Gaume, début octobre 2019, il est loin de s'imaginer que l'un des plus grands mystères de l'histoire soviétique s'invite dans sa vie. A l'autre bout du fil, une journaliste de New York souhaite recueillir son expertise au sujet d'un drame survenu 60 ans auparavant au nord des monts Oural, en Russie, et connu depuis sous le nom d'affaire du col Dyatlov. Le directeur du Laboratoire de simulation de la neige et des avalanches (SLAB) de l'EPFL et chercheur invité à l'Institut WSL pour l'étude de la neige et des avalanches SLF n'a alors jamais entendu parler de cet événement exhumé peu

de temps auparavant des archives soviétiques par le parquet général de Russie. «J'ai demandé à la journaliste de me recontacter le lendemain pour que je puisse me documenter. Ce que j'ai appris m'a fasciné.»

Le 27 janvier 1959, un groupe de 10 étudiants de l'Institut polytechnique de l'Oural dirigé par Igor Dyatlov, 23 ans, part pour une expédition de 14 jours vers la montagne d'Otorten, au nord de l'*oblast* soviétique de Sverdlovsk. En cette saison, la route de ces randonneurs chevronnés en ski de fond et ski alpin était catégorisée en niveau «III», le plus difficile, avec des températures pouvant atteindre moins 30 degrés Celsius. Le 28 janvier, l'un des membres de l'expédition, Yuri

Yudin, décide de rebrousser chemin. Il ne reverra jamais ses camarades. Le groupe n'étant pas de retour à son point de départ, la région de Sverdlovsk, à la date prévue, une équipe de secours part à leur recherche. Le 26 février, ils retrouvent la tente du groupe très endommagée sur un versant du Kholat Syakhl, la «montagne morte», à 20 km au sud de l'objectif Otorten. Les affaires des neuf aventuriers sont encore là. En contrebas, deux corps en chaussettes et sous-vêtements. Trois autres cadavres, dont celui de Dyatlov, sont ensuite découverts à proximité, vraisemblablement morts d'hypothermie en tentant de regagner le camp. Les quatre autres corps sont retrouvés deux mois plus tard dans

un ravin, sous une épaisse couche de neige. Plusieurs des défunt montrent des blessures graves, telles que des fractures à la poitrine et au crâne.

Que s'est-il passé ?

Les autorités soviétiques mènent une enquête pour déterminer les causes de cet étrange drame, concluant après trois mois qu'une « force irrésistible » inconnue a causé la mort des randonneurs. Faute de survivants, la chronologie des événements de la nuit du 1^{er} au 2 février reste incertaine encore aujourd'hui, et a mené à d'innombrables théories plus ou moins réalistes, incluant une attaque du yéti ou des expériences militaires secrètes. C'est à ce mystère que s'est trouvé confronté le chercheur de l'EPFL. La théorie la plus probable, retenue par le parquet général de Russie après la réouverture de l'enquête en 2019, à la demande des proches des victimes, est celle d'une avalanche. Mais le manque de preuves et la persistance d'éléments étranges ne convainquent toujours pas une bonne partie de la société russe. « J'étais si fasciné que j'ai commencé à enquêter de plus en plus sur cette théorie. J'ai alors contacté Alexander Puzrin, professeur et titulaire de la chaire d'ingénierie géotechnique à l'ETH Zurich. »

Ensemble, le spécialiste français de la mécanique des avalanches et l'expert suisse (originaire de Russie) des glissements de terrain plongent dans les archives, rendues accessibles après la chute de l'Union soviétique, consultent d'autres scientifiques et spécialistes de l'événement, et mettent en place des modèles analytiques et numériques pour reconstituer l'avalanche qui aurait surpris les neuf malheureux.

Une coupe fatale

« Le mystère de Dyatlov fait partie du mythe national russe, s'exclame Alexander Puzrin. J'étais très enthousiaste, en particulier parce qu'il y a deux ans je me suis lancé dans le domaine des avalanches de plaque. Mes recherches principales concernent les glissements de terrain, je m'intéresse aux effets lorsqu'un certain temps s'écoule entre le déclenchement et l'événement. » C'est ce qui s'est passé en 1959, selon les chercheurs : les randonneurs ont fait une coupe dans la pente enneigée de la montagne pour installer leur tente, mais l'avalanche ne s'est déclenchée que plusieurs heures plus tard.

« Si la thèse de l'avalanche n'est toujours pas acceptée, c'est avant tout parce que les autorités n'ont pas expliqué

« Si la thèse de l'avalanche n'est toujours pas acceptée, c'est avant tout parce que les autorités n'ont pas expliqué comment elle avait eu lieu. »

Johan Gaume, chercheur à l'EPFL

comment elle avait eu lieu », estime Johan Gaume. En effet, les arguments allant à l'encontre de la théorie de l'avalanche sont a priori nombreux : aucun signe évident d'avalanche ou de débris n'a été signalé par l'équipe de secours, et l'angle moyen de la pente au-dessus de l'emplacement de la tente, inférieur à 30°, n'était pas suffisamment raide pour une avalanche. L'avalanche, si elle a eu lieu, s'est déclenchée au moins neuf heures après que la coupe a été faite dans la pente. Et enfin, les blessures au thorax et au crâne constatées sur certaines victimes n'étaient pas typiques de victimes d'avalanche.

Dans l'enquête publiée dans *Communications Earth & Environment*, les chercheurs se sont efforcés de démontrer ces arguments. « Nous prouvons avec des données sur la topographie locale qu'une petite avalanche a pu survenir sur une pente peu raide, laissant peu de traces derrière elle. Et grâce à

des simulations, nous montrons que l'impact d'une telle coulée de neige peut conduire aux blessures constatées. Et puis il y a, bien sûr, le délai entre la coupe dans la pente et le déclenchement. C'est la partie principale de l'article. Les enquêteurs ne pouvaient pas expliquer pourquoi, sans chute de neige constatée cette nuit-là, une avalanche avait pu se déclencher au milieu de la nuit. Nous avons dû trouver une nouvelle théorie pour cela », continue Johan Gaume.

Prudence

« S'ils n'avaient pas fait une coupe dans la pente, rien ne serait arrivé, précise Alexander Puzrin. Ça a été le déclencheur initial, mais ce n'est pas suffisant. Les vents catabatiques ont transporté la neige et, lentement, la charge supplémentaire s'est accumulée. A un certain moment, une fissure a pu se former, se propager et faire céder la couche de neige. »

Les deux chercheurs restent malgré tout prudents sur les résultats et précisent qu'une bonne partie du mystère demeure. « La vérité est que, bien sûr, personne ne sait vraiment ce qui s'est passé cette nuit-là. Mais nous fournissons des preuves solides que l'hypothèse de l'avalanche est plausible », complète Alexander Puzrin. Le modèle analytique d'estimation du délai de déclenchement d'une avalanche, développé à l'ETHZ dans le cadre de cette étude, et le modèle numérique du SLAB appliqué dans ce cadre pour l'impact des avalanches sur le corps humain, serviront à améliorer la compréhension des avalanches naturelles et les risques associés. ■



Le groupe de Dyatlov le 1^{er} février 1959 en route vers Kholat Syakhl.

Les coraux de la mer Rouge passent leur « stress test »

Les coraux du golfe d'Aqaba et leurs partenaires symbiotiques, algues et microbactéries, ne souffrent pas de façon significative de la chaleur, a constaté une équipe de l'EPFL. **PAR ANNE-MURIEL BROUET**

Même dans les scénarios les plus optimistes, la plupart des écosystèmes coralliens des océans de la planète, de l'Australie aux Caraïbes en passant par les Maldives, auront disparu ou seront très mal en point d'ici à la fin du siècle. Poussés à la limite de leur seuil de tolérance par la hausse des températures marines, ils perdent leurs principales alliées, des algues unicellulaires qui, en échange d'un abri sûr dans leur arborescence, leur fournissent par photosynthèse les nutriments nécessaires à leur alimentation. Les algues contiennent une série de pigments qui parent les coraux de leurs belles couleurs, et c'est leur disparition qui provoque le phénomène bien connu de blanchissement. Cependant, dans ce tableau à l'avenir monochrome, les coraux de la mer Rouge gardent leur couleur.

« Nous savons que les coraux du nord de la mer Rouge, dans le golfe d'Aqaba, sont particulièrement résistants aux températures élevées. Mais nous avons voulu étudier le mécanisme moléculaire de cette résistance à la chaleur dans sa globalité », explique Romain Savary, premier auteur de l'étude publiée en mai dans la revue *PNAS*. Les résultats sont éloquents : les coraux, ainsi que leurs indispensables acolytes les algues et les microbactéries, résistent sans ciller à des températures moyennes excédant de 5 degrés ce à quoi ils sont habitués. Or en dépit de la gravité du changement climatique en cours, la hausse de température des eaux de la mer Rouge ne devrait pas dépasser ce seuil d'ici à la fin du siècle. « Cela offre un réel espoir pour la préservation d'au moins un des plus importants écosystèmes coralliens », se réjouit Anders Meibom, directeur du

Laboratoire de géochimie biologique (LGB) à l'EPFL.

Comme si de rien n'était

Anticipant l'avenir, les chercheurs ont soumis les coraux du golfe d'Aqaba à une palette de niveaux de température, y compris celles susceptibles de se produire dans les prochaines décennies. Alors que la moyenne mensuelle des températures maximales de l'eau est d'environ 27 degrés dans cette région, les coraux ont été exposés à des chaleurs respectivement de 29,5°C, 32°C et 34,5°C. A court terme, durant 3 heures, et à long terme, durant une semaine. Pendant la période de stress thermique et après, les chercheurs ont mesuré l'expression des gènes du corail et de son algue symbiotique ainsi que la composition de la communauté bactérienne résidente. « La découverte principale est que l'on s'est rendu compte que ces coraux vivent encore bien en dessous du seuil de tolérance que peut supporter leur mécanisme moléculaire, ce qui les met à l'abri des hausses de températures pour 100 voire 200 ans », résume Romain Savary, postdoctorant au LGB. Jusqu'à 32°C en tout cas, nous avons pu mesurer qu'ils se remettaient sans séquelles moléculaires et s'acclimaient à une courte comme à une longue période de chaleur, de même que leurs partenaires symbiotiques. » Un réel espoir pour les scientifiques. Même si la température n'est de loin pas la seule menace qui pèse sur ce patrimoine naturel exceptionnel...

L'analyse génétique des échantillons, une première à cette échelle, montre comment ce corail hyperrésistant réagit au niveau le plus fondamental, celui de l'expression des gènes. Cela permet d'établir une référence pour définir des « supercoraux ». « Le travail de Romain permet de montrer, au niveau



PHOTO: ROMAIN SAVARY



génétique ce qui permet aux coraux de survivre, résume le professeur. L'étude souligne aussi le fait que c'est un véritable concert d'expression génétique qui confère ce superpouvoir aux coraux. » Elle permet ainsi de définir ce à quoi doit ressembler l'expression génétique d'un « supercorail » pendant un stress thermique et une période de récupération. De quoi donner les espoirs de manipuler génétiquement des coraux moins résistants. Pourrait-on alors utiliser les coraux de la mer Rouge pour repeupler par exemple la Grande Barrière de corail ? « Le corail est extrêmement dépendant de son milieu et en général seule une longue colonisation naturelle lui permettrait de s'adapter ailleurs. En outre, la Grande Barrière de corail a la taille de l'Italie, c'est impossible de la réensemencer artificiellement », rappelle Anders Meibom.

Expédition scientifique cet été

Ces travaux ont été possibles grâce à deux instruments uniques, le Red Sea Simulator (RSS), mis en place par l'Institut universitaire pour les sciences marines à Eilat, en Israël, et un système américain mobile de diagnostic de blanchissement (coral bleaching automated stress system, CBASS). Ils posent ainsi les bases d'un projet beaucoup plus ambitieux qui démarre cet été pour une durée de quatre ans, mené par le Centre de recherche transnational de la mer Rouge, créé par l'EPFL en 2019. « A bord du bateau de notre partenaire la Fondation Pacifique, Fleur de passion, nous allons parcourir toute la mer Rouge afin de cartographier très précisément quel est le niveau de tolérance thermique et la diversité des différentes espèces de coraux sur ses 2000 kilomètres de long, précise Anders Meibom. Plus on va au sud, plus la température augmente avec une variation entre les deux extrémités d'environ 5 à 6 degrés. C'est pour cela que la mer Rouge est un véritable laboratoire grande nature pour étudier les écosystèmes. En voguant vers le sud, on navigue dans le futur. » Et que voit-on ? Au sud de la mer Rouge, certains coraux commencent déjà à blanchir. Pour Romain Savary il n'y a qu'une seule solution : « Les protéger et les préserver des sources de stress locales, essentiellement la pollution et la destruction physique. Et ceci, dans le but de maintenir un stock de « supercoraux naturels » capables de potentiellement recoloniser de façon naturelle les zones qui seront touchées dans le futur par les vagues de chaleur liées au changement climatique. » ■

Spin-off de l'EPFL, Nexthink devient la nouvelle licorne suisse

Grâce à une nouvelle levée de fonds de 180 millions de dollars, l'éditeur romand de logiciels de gestion de parcs informatiques d'entreprises est valorisé à 1,1 milliard de dollars. C'est la seconde licorne issue de l'EPFL, après MindMaze.

PAR CÉCILIA CARRON

La société lausannoise Nexthink, leader du pilotage de l'expérience numérique des collaborateurs (DEX), a bouclé en février dernier un cycle de financement en série D de 180 millions de dollars mené par le fonds d'investissement Growth Opportunities de Permira et ses investisseurs historiques, Highland Europe et Index Ventures. Ce tour de table valorise l'entreprise issue de l'EPFL à 1,1 milliard de dollars, faisant de Nexthink une nouvelle licorne suisse. Par ailleurs, Bruce Chizen, ancien PDG d'Adobe et conseiller principal chez Permira, vient de rejoindre le conseil d'administration de Nexthink. Cette nouvelle levée de fonds, qui devrait être finalisée dans le courant du premier trimestre 2021, servira à investir dans les innovations technologiques et à accélérer l'expansion internationale de Nexthink, en particulier aux Etats-Unis.

Révolution du poste de travail

«Toutes mes félicitations à ce leader dans le domaine de la gestion numérique de l'expérience des employés et de l'avenir du travail pour être devenue une entreprise licorne - l'une des quatre seules start-ups basées en Suisse à avoir franchi cette étape», s'est réjoui Martin Vetterli, le président de l'EPFL.

«Le développement du télétravail a considérablement renforcé le besoin des entreprises dans l'optimisation de l'expérience numérique de leurs collaborateurs; la grande majorité des interactions professionnelles étant dorénavant digitales», précise Pedro



Le président de l'EPFL Martin Vetterli et Patrick Hertzog, cofondateur de Nexthink.

Bados, PDG de Nexthink. «Nous sommes fortement engagés à révolutionner la Digital Workplace. Bruce Chizen est un excellent atout pour nos équipes. Chez Adobe, il a transformé l'environnement de travail en offrant une expérience optimale à des millions d'utilisateurs de logiciels. Dorénavant, nous dupliquons cette approche pour l'offrir aux employés de milliers d'entreprises à travers le monde.»

Dysfonctionnements résolus

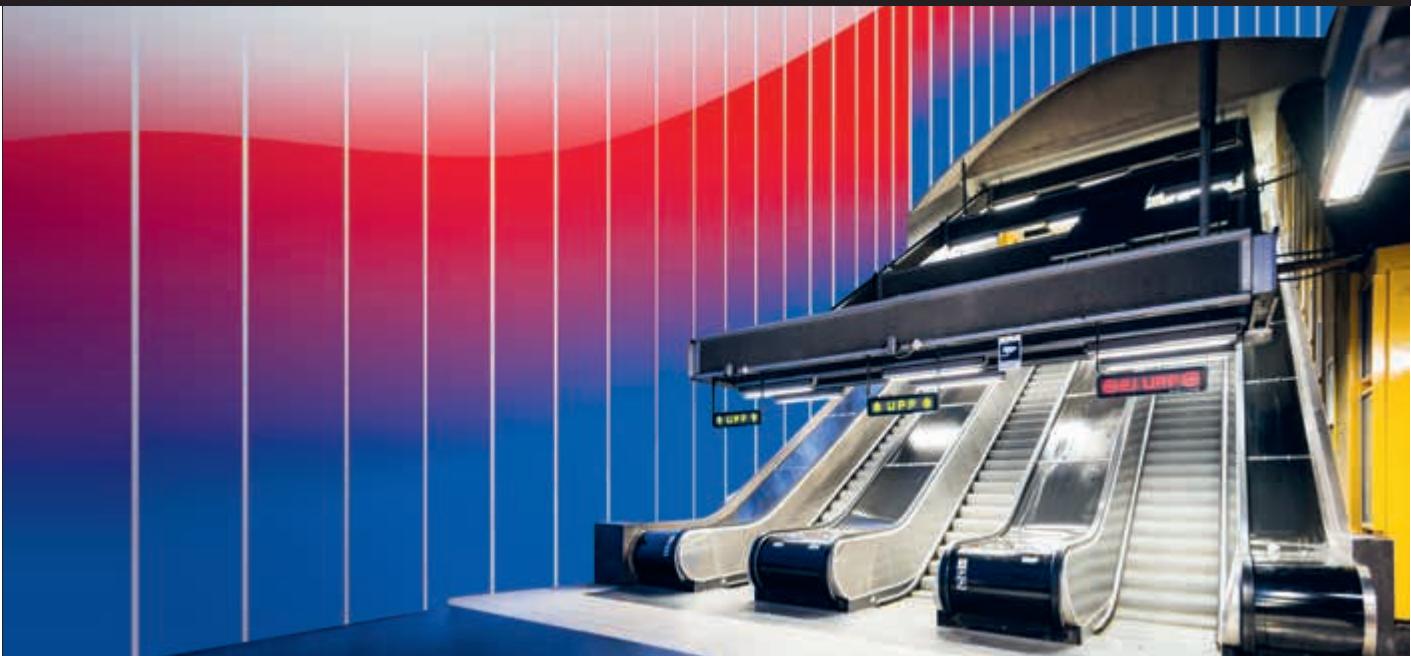
Nexthink fournit aux départements informatiques une plateforme de gestion de l'expérience numérique des collaborateurs qui permet d'anticiper, de hiérarchiser et de traiter proactivement

les dysfonctionnements informatiques tout en optimisant l'expérience technologique de leurs collaborateurs, qu'ils soient au bureau, en déplacement ou en télétravail. La plateforme Nexthink offre une visibilité holistique sans précédent sur l'utilisation quotidienne de la technologie par les collaborateurs au niveau du poste de travail, de l'application et du réseau. Dotées d'une photographie complète sur les données et les événements, les équipes IT vont mettre en place des actions de remédiation rapidement, réduisant drastiquement les temps de résolution des dysfonctionnements de plusieurs jours à quelques minutes.

Basé à Prilly, Nexthink compte aujourd'hui près de 700 employés à travers le monde et prévoit d'atteindre 900 personnes d'ici la fin de l'année 2021. La société helvétique entend recruter massivement de nouveaux talents principalement en Europe, en Inde et aux Etats-Unis. Au cours de 2020, Nexthink a poursuivi son hypercroissance, intégrant le club des revenus récurrents annuels de 100 millions de dollars, signé 180 nouveaux contrats pour atteindre les 1000 clients à travers le monde - dont 200 issus du classement Global 2000 -, et un total de 11 millions de postes de travail embarquant la solution Nexthink. Ce qui leur aura valu d'inscrire leur nom sur la liste des 50 entreprises les plus dynamiques d'Europe, selon le rapport Tech Tour Growth Summit il y a tout juste un an. ■

«Je suis fier de voir une autre réussite innovatrice de l'EPFL. Nexthink a été cofondé par des anciens de l'EPFL, Pedro Bados et Patrick Hertzog, et emploie de nombreux alumni de l'EPFL aujourd'hui.»

Martin Vetterli, président de l'EPFL



Enerdrape exploite la chaleur souterraine

Grâce à ses panneaux géothermiques, la start-up créée à l'EPFL peut transformer n'importe quelle structure souterraine – tunnels, métros, parkings – en système de chauffage ou de refroidissement des bâtiments. **PAR CLARA MARC**

Les structures souterraines sont des sources de chaleur formidables, mais encore complètement inexploitées. Pourtant, les tunnels, les parkings souterrains ou les stations de métro génèrent assez d'énergie pour contribuer à chauffer ou à climatiser les bâtiments, remplacer partiellement les énergies fossiles et faire baisser les émissions de CO₂. «Les bâtiments sont de gros pollueurs», indique Margaux Peltier, cofondatrice d'Enerdrape et CEO de la start-up qui vient de remporter la dixième *Startup Champions Seed Night*. «Le parc immobilier suisse utilise à plus de 50% des énergies fossiles pour se chauffer, et est responsable de plus de 40% des émissions globales de CO₂.» Les panneaux géothermiques conçus par Enerdrape sont justement capables d'exploiter cette chaleur souterraine. «Il n'existe actuellement aucune autre solution comme la nôtre», explique Margaux Peltier. Il y a des technologies qui peuvent être intégrées aux nouvelles constructions, mais pas

au parc existant.» Leurs panneaux géothermiques sont équipés d'un circuit hydraulique dans lequel circule un fluide et optimisés pour maximiser l'échange de chaleur. Ils sont modulaires, peuvent être installés sur n'importe quelle infrastructure, facilement et à bas coût, et la transformer ainsi en échangeur de chaleur. S'ils ne peuvent pas assurer à eux seuls les besoins en chauffage, installés en complément d'une autre source, ils permettent de réduire de 80% les émissions directes et assurent une source de chaleur stable tout au long de l'année, indépendamment des conditions climatiques.

Pilote dans un parking lausannois

Cette idée devenue start-up a été développée au sein du Laboratoire de mécanique des sols de l'EPFL, dirigé par le professeur Lyesse Laloui. Elle a ensuite pris forme durant la thèse de mémoire de la jeune chercheuse, alors qu'elle travaillait sur les tunnels énergétiques. «Je me suis aperçue que les tunnels et la plupart des infrastructures souterraines étaient déjà construits en

Suisse, souligne la scientifique. Les technologies existantes – celles pour les nouvelles constructions – ne pouvaient pas être utilisées, et la chaleur restait inexploitée.» En collaboration avec le professeur Laloui et Alessandro Rotta Loria, alors postdoctorant au laboratoire, elle planche sur le produit, développe des prototypes, confirme les performances des panneaux, *pitché* son idée, recherche des fonds pour fonder la start-up et obtient un financement BRIDGE du Fonds national suisse. Un pilote sera prochainement installé dans un parking de Lausanne et devrait être suivi par d'autres. La jeune start-up espère réaliser sa première levée de fonds d'ici la fin de l'année, pour renforcer son équipe, quitter le laboratoire «et se lancer dans la vraie vie», sourit Margaux Peltier. «Les pilotes seront des étapes centrales pour continuer à tester et faire évoluer notre technologie», ajoute la chercheuse. Enerdrape poursuit donc sa recherche de partenariats pour conclure de nouvelles installations et préparer son entrée sur le marché. ■

TOGETHER WITH YOU WE ACHIEVE EXCELLENCE

Every day, governments, companies and millions of people rely on us to protect the integrity and value of their currency, personal identity, products and brands. Building the Economy of Trust, contributing to a world more secure for its citizens, is our purpose and motivates us everyday.



Enabling trust

JOIN SICPA : INNOVATIVE TECHNOLOGIES PROTECTING YOU EVERY DAY !

SICPA offers multiple career paths in advanced sciences and technologies as well as other business functions.

Join our multicultural staff and contribute to a safer and more secure world for all.

APPLY ONLINE www.sicpa.com/careers

REJOIGNEZ SICPA: LA TECHNOLOGIE ET L'INNOVATION À VOTRE SERVICE !

SICPA propose plusieurs parcours de carrière dans les sciences et technologies les plus innovantes, sans compter les nombreux métiers attitrés à l'entreprise. Rejoignez nos équipes multiculturelles et contribuez à un monde plus sûr pour tous.

POSTULEZ SUR www.sicpa.com/careers

Etudiants. Comme dans l'espace mais au sommet du mont Pilate

Après une édition en présentiel et une édition 100% en ligne, le projet IGLUNA aura lieu en mode hybride cette année.

Du 16 au 25 juillet 2021, 220 des étudiantes et étudiants provenant d'universités du monde entier présenteront leurs travaux dans le cadre de la troisième édition d'IGLUNA, un projet coordonné par Space Innovation et soutenu par l'ESA. Depuis septembre 2020, les 12 équipes planchent sur la mise au point de technologies innovantes permettant de vivre dans un environnement extrême, tel qu'un habitat lunaire, et pouvant être contrôlées à distance. Leur quotidien est rythmé par des échanges réguliers avec des experts, des industriels et des institutions de recherche actifs dans le domaine spatial. Pour clore cette édition, les équipes pouvant se déplacer mettront leurs prototypes à épreuve tout en haut du mont Pilate et les testeront à distance depuis le Musée des transports de Lucerne. Le public sera invité à découvrir ce monde spécial - et spatial - aussi bien sur place qu'à travers les présentations publiques des 12 projets en ligne. Chercher de l'eau avec un rover, faire pousser des

plantes à des températures extrêmes, monter un habitat lunaire gonflable ou encore utiliser un casque de réalité augmentée pour s'orienter sur un terrain inconnu - autant de défis que de promesses pour le futur du spatial et pour l'avenir sur Terre.

Pour la troisième année consécutive, l'EPFL est représentée par l'équipe chargée du projet GrowBotHub. Grâce à cette plateforme mobile robotique et intelligente, les astronautes en mission pourraient faire pousser des fruits et des légumes et les récolter de manière autonome et automatisée. Pour ce faire, les équipes se basent sur les principes de l'aéropotage, une forme de culture hors sol qui consiste à vaporiser sur les plantes les éléments nutritifs nécessaires à leur développement. La campagne de terrain leur permettra de tester les nouvelles fonctionnalités du prototype en situation réelle. ■

space-innovation.ch/igluna

Energie. Une petite pile à combustible ultraperformante

Des stations météo au camping, en passant par les drones, de nombreux domaines pourraient bénéficier d'un approvisionnement énergétique peu volumineux, de longue durée et écologique. Dans cette optique, la start-up Inergio, basée à l'EPFL Innovation Park, a mis au point une pile à combustible miniaturisée, 80% plus légère que les modèles de même puissance actuellement sur le marché. Grâce à plusieurs fonds d'aide au démarrage, elle vient de finaliser un prototype qui permet de produire 25 watts en continu avec une pile de 25 centimètres de long sur 14 de haut et de large. Prochaine étape pour cette spin-off issue de 15 ans de recherche entre l'EPFL et la HEIG-VD : tester son dispositif dans diverses entreprises de la région et développer une ligne de production pilote. ■

Environnement. Des plastiques à base de biomasse

Plastiques, textiles, smartphones, meubles, arômes - comme la vanilline -, mais encore cosmétiques, détergents, médicaments... les dérivés du pétrole se cachent partout. Mue par la volonté de contribuer à réduire les émissions, Bloom Biorenewables, spin-off de l'EPFL, s'investit au quotidien afin d'amener rapidement sur le marché une technologie qui remplacera le pétrole. Elle propose un carbone renouvelable, issu des laboratoires de l'EPFL, à base de biomasse pour notamment la fabrication de plastiques d'emballage, de parfums et de biocarburant marin. Les 3,9 millions d'euros levés récemment représentent non seulement un important soutien financier, mais également une marque de reconnaissance internationale. ■

bloombiorenewables.com

CHERCHER LES SIGNES DE BURN-OUT DANS LA SUEUR

Prévention. Des chercheurs de l'EPFL et de sa start-up Xsensio ont développé une puce de détection portative pouvant mesurer en continu le taux de cortisol, l'hormone du stress, dans la sueur. A terme, cette technologie pourrait permettre de mieux comprendre et mieux traiter certaines maladies comme le burn-out ou l'obésité liés au stress.

Le minicapteur portatif peut être placé directement sur la peau du patient dans un patch portable et, à l'avenir, mesurer de manière quasi continue la concentration de cortisol de manière ultraprecise. ■

xsensio.com

DES COMPOSITES AUTOCICATRISANTS



Matériaux. CompPair, une spin-off de l'EPFL, amène sur le marché des matériaux composites qui se réparent en quelques minutes, permettant d'allonger considérablement le cycle de vie des objets. Plusieurs études ont montré que le procédé de réparation peut être répété au même endroit plus de 60 fois sans altérer les propriétés du matériau. La start-up vient de boucler son premier tour de financement pour un peu moins d'un million de francs. Une première étape importante pour l'entreprise, qui va renforcer son équipe, agrandir ses locaux et surtout étendre sa capacité de production afin de pouvoir sécuriser son entrée sur le marché. ■

comppair.ch

Mémoire du troisième type

Neurosciences. Etrange et émouvant. Dans cette difformité inconnue, on perçoit deux extraterrestres qui éprouvent l'intimité de sentiments humains. De l'amour? Du réconfort? De la tendresse? Leur fluorescence rappelle le trop long doigt noueux au bout duquel brille une luciole orange quand E.T. «téléphone maison».

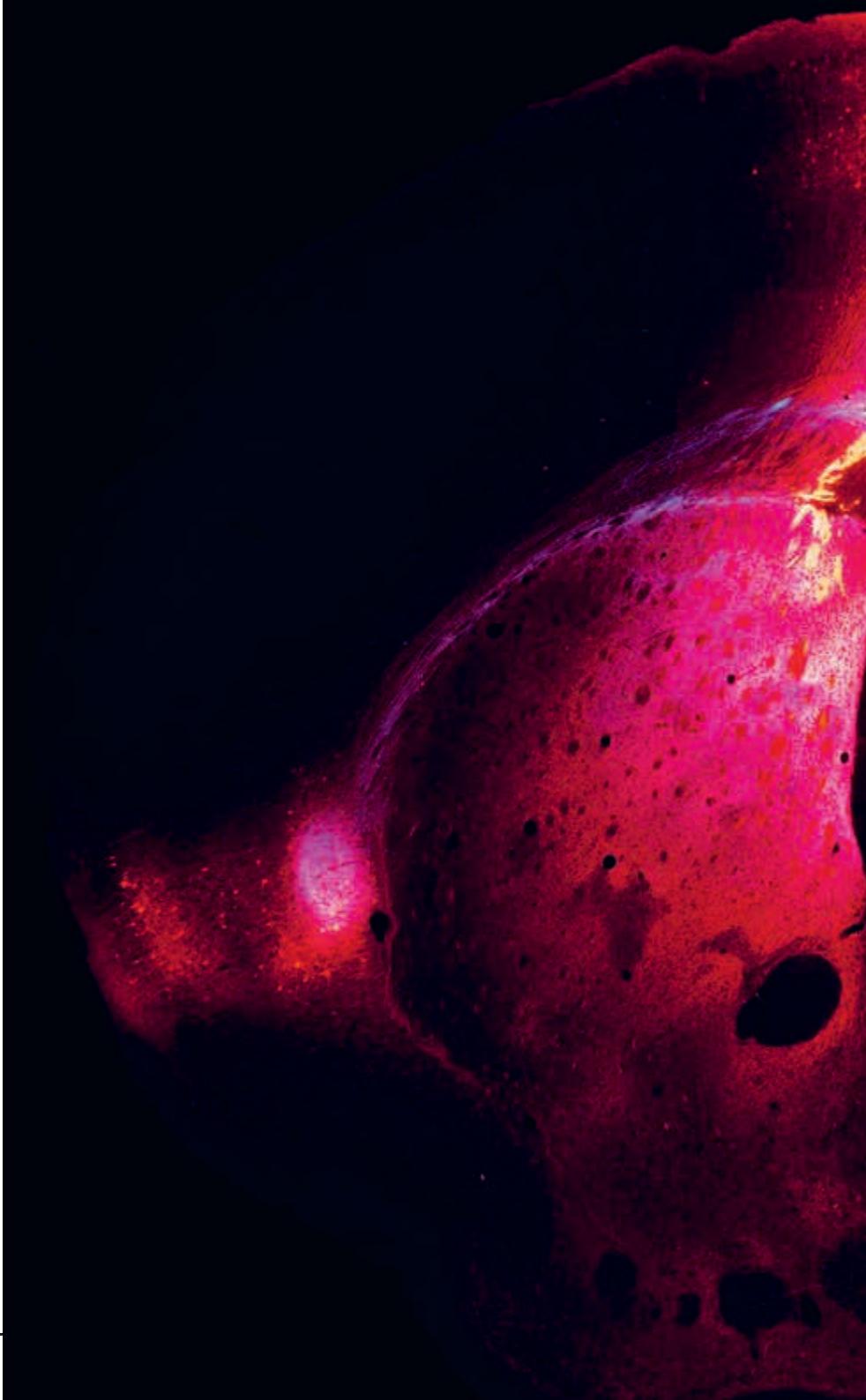
C'est là qu'il faut chercher : au fond de la mémoire. Lucie Dixaout, doctorante au Laboratoire de neuroépigénétique de l'EPFL dirigé par Johannes Gräff, a pris ce cliché d'un cerveau de souris, qu'elle a épuré de certaines informations afin de rendre l'image plus artistique. Elle l'a baptisé *The Memory Ghost*, le fantôme de la mémoire. A chercher comment se construit cette dernière, elle y a vu, au-dessus des cavités oculaires noires et de l'arcade sourcilière violette, l'évanescence du souvenir.

Sous le microscope à fluorescence, c'est une mince tranche de 20 micromètres d'épaisseur et d'un centimètre de largeur qui raconte, un peu, sa quête. Les petits points fluo sont des neurones qui envoient leurs axones vers le cortex préfrontal, siège du stockage des souvenirs. Le rouge et le bleu distinguent les deux hémisphères, dont seuls quelques neurones «projetent» de l'un vers l'autre, se traduisant par des tons plus violacés ou des points de l'autre couleur.

«Pour comprendre comment se forme un souvenir, je regarde comment les neurones communiquent d'une région à l'autre et à quel moment de la construction du souvenir ils sont activés», précise la scientifique. Une recherche fondamentale durant laquelle chaque avancée suscite de nouvelles questions.

Lucie Dixaout a reçu l'an dernier le prix du public lors de l'exposition organisée par *Figure 1A*, l'exposition d'art scientifique de Lausanne. ■

PHOTO : LUCIE DIXSAUT





MESURER LA RELATION ENSEIGNANT-ÉTUDIANTS

Durant les études supérieures, une bonne relation entre l'enseignant et les étudiantes et étudiants favorise un climat d'apprentissage agréable. C'est scientifiquement prouvé.

Mais si l'importance de la composante émotionnelle dans l'enseignement supérieur est toujours plus reconnue, il n'existe jusqu'alors aucun outil de mesure objectif. Roland Tormey, responsable du Centre d'appui à l'enseignement de l'EPFL, a élaboré un nouvel instrument centré sur la qualité émotionnelle de la relation enseignant-étudiants, le Classroom Affective Relationship Inventory (CARI). Il s'est basé sur les travaux des psychologues Jennifer Jenkins et Keith Oatley qui montrent que la distance sociale et émotionnelle entre les personnes découle du sentiment de connexion (amabilité/sympathie), d'attachement (sécurité/protection) et d'affirmation de pouvoir (position dans la hiérarchie sociale) qu'amène la relation.

Le CARI mesure ces trois dimensions via un questionnaire dans lequel les étudiants doivent noter (sur une échelle en sept points, de « pas du tout » à « beaucoup ») dans quelle mesure leur professeur peut être associé à une quinzaine de termes comme « impressionnant, inspirant la confiance, influent ou encore compatissant ». Le questionnaire a été testé avec succès auprès de 851 étudiantes et étudiants de l'EPFL de niveau Bachelor. Les données récoltées prouvent la pertinence du modèle et montrent que la qualité émotionnelle de la relation est fortement liée à l'appréciation d'un cours. ■



Décennie du Rolex Learning Center

10rlc.epfl.ch



10 ans. Le Rolex Learning Center, une expérience architecturale

Jusqu'au printemps 2022, une série d'événements exceptionnels fêteront le RLC, bâtiment emblématique de l'EPFL.

Qu'est-ce qui abrite 500'000 ouvrages, une librairie, un restaurant, un bar, un amphithéâtre de 600 places, des lieux d'étude pour près de 1000 étudiantes et étudiants, des espaces communs généreux, dans un seul espace de 20'000 mètres carrés ? Au cœur du campus EPFL, le Rolex Learning Center (RLC) est ce lieu unique. Espace dédié à la connaissance, laboratoire d'apprentissage et d'étude, centre culturel international et lieu de convivialité, ce bâtiment emblématique accueille depuis mai 2010 étudiantes et étudiants, scientifiques et grand public.

Reportées en raison de la pandémie, les festivités de la décennie du RLC ont été lancées le 25 mai dernier en présence notamment de ses concepteurs, les architectes japonais Kazuyo Sejima et Ryue Nishizawa, du bureau SANAA. Elles se poursuivront jusqu'au printemps 2022 et seront ponctuées par une série d'événements exceptionnels.

Ceux-ci seront l'occasion de découvrir ou redécouvrir ce lieu toujours novateur, reconnaissable à ses pentes douces, ses terrasses ondulant autour de patios intérieurs et ses piliers quasiment invisibles qui soutiennent son toit courbe, structure qui a exigé l'élaboration de méthodes de constructions inédites.

Au-delà des aspects techniques et matériels, la topographie particulière du RLC, avec ses espaces à la fois séparés et reliés, offre une véritable expérience architecturale qui fait appel à tous nos sens. « Si vous vous trouvez au sommet de la colline, vous ne verrez peut-être pas la colline suivante, mais vous entendrez des voix à peine perceptibles. Vous ne serez pas capable de voir l'autre endroit, mais votre corps sentira une certaine connexion. Contrairement à l'espace traditionnel d'une pièce fermée, de nouvelles relations vont voir le jour, et nous espérons que cela entraînera un nouveau type d'expérience architecturale », confiaient Kazuyo Sejima et Ryue Nishizawa, peu avant l'inauguration du bâtiment. Pari réussi. ■

Abonnez-vous à la newsletter : go.epfl.ch/events-news

Concerts. Un pavillon sonore de 45 mètres de haut qui génère des sons surprenants

Rohrwerk. De l'allemand *Rohr*, tube, et *Werk*, travail. Six compositeurs, quatre musiciens, deux architectes et un scénographe ont créé une sculpture de 45 mètres de haut en forme de tube géant. Cette fabrique sonore est à la fois un pavillon de musique et un instrument dont on joue. Ils ont composé des œuvres musicales avec une sonorité surprenante et les interpréteront entre le 21 et le 23 septembre dans et autour de la sculpture qui prendra place dans un des patios du Rolex Learning Center sur le campus de l'EPFL.

Partant de l'idée musicale d'un espace constitué de tuyaux, les architectes du bureau Made In, à Genève, ont conçu cet auditorium en collaboration étroite avec le compositeur suisse Beat Gysin, initiateur du projet. Les murs du pavillon sont entièrement composés de tubes de différentes tailles. Leurs dimensions très précises amplifient certaines fréquences et génèrent de nouvelles combinaisons. L'électronique permet un contrôle précis des paramètres acoustiques tels que la réverbération et le

feedback. On peut également jouer de certains tuyaux en utilisant différents accessoires pour instruments (trombone, clarinette, trompette, etc.) ou en les frappant avec un maillet. Ainsi, l'intégralité de l'espace et ses matériaux deviennent un instrument.

Rohrwerk se donne pour mission d'amener la musique contemporaine au plus près des gens, témoin de la synergie de la science et de l'art. Six compositeurs ont créé des pièces sonores en relation avec l'instrument. Sans musiciens, *Rohrwerk* peut simplement diffuser des sons enregistrés.

L'installation a déjà été hébergée par le Kunstmuseum de Bâle en septembre 2019 et est présentée fin juin 2021 à Zurich; sa réalisation et son accueil à l'EPFL sont possibles grâce au soutien du Collège des humanités (CDH-Culture). ■

Du 21 au 23 septembre 2021

Les pièces originales seront jouées en public. **L'entrée est gratuite.** Des démonstrations et une table ronde seront également organisées.
go.epfl.ch/rohrwerkFR



Rohrwerk accueillera une série de concerts publics gratuits et de démonstrations à l'extérieur du Rolex Learning Center.

Dialogues. Apprendre de l'autre et vice-versa

Pour célébrer la décennie du Rolex Learning Center, l'EPFL inaugure les RLC Dialogues. Ce format particulier réunit deux expertes ou experts de différentes disciplines pour une discussion non modérée avec comme devise : « Qu'est-ce que X peut apporter à Y et vice-versa ? » Le but est de

promouvoir les discussions trans- et interdisciplinaires en lien avec la pratique de l'architecture et l'environnement construit.

Au rythme de trois cet automne et deux au printemps 2022, les RLC Dialogues se dérouleront sous une forme hybride, avec des participants en présentiel au Forum Rolex et la possibilité de les suivre en ligne. ■

UN LIVRE ANNIVERSAIRE POUR LE RLC

En 11 petites années, le monde a changé. La pratique de l'architecture aussi, assure Christophe Van Gerrewey, professeur assistant en théorie de l'architecture à l'EPFL, dans son ouvrage anniversaire sur le Rolex Learning Center. Il analyse l'histoire polymorphe de ce bâtiment emblématique, histoire qui remonte bien avant son inauguration en 2010, tant par la géographie du site que par l'origine japonaise de ses architectes, dont le nom, SANAA, rappelle celui de la capitale du Yémen. L'auteur démontre comment, riche d'une longue tradition architecturale, le RLC est résolument un édifice de son temps – de notre temps. ■

Savoir supérieur, Le Rolex Learning Center de SANAA à l'EPFL depuis 2010, Christophe Van Gerrewey, 104 pages, EPFL Press

LE TECHNORAMA S'INVITE À L'EPFL



L'EPFL accueille une exposition exclusive présentant une dizaine d'installations issues du Technorama. Ce centre scientifique basé à Winterthur a pour but d'éveiller la curiosité et susciter l'enthousiasme des plus jeunes pour les sciences naturelles et la technique. Les installations pour tous les âges invitent à explorer afin de découvrir de manière ludique et avec tous les sens des phénomènes insolites ou communs. ■

Jusqu'au 4 juillet 2021
www.epfl-pavilions.ch

Récompenses

Prix Friedrich Miescher



Le Prix Friedrich Miescher est la plus haute distinction suisse pour les réalisations exceptionnelles en biochimie. Cette année, l'une des deux lauréats est la professeure Andrea Ablasser, de l'EPFL. Ses recherches visent à comprendre comment les cellules détectent une infection ou des dommages cellulaires et à élucider les événements de signalisation consécutifs. ■

Prix de la Protein Society



Directeur du Laboratoire de conception de protéines et d'immuno-ingénierie, le professeur Bruno Correia a reçu le Prix du jeune chercheur en sciences des protéines de la Protein Society. Il combine la science computationnelle et les études expérimentales dans le domaine de la conception des protéines. ■

Prix Cloëtta



Le Prix Cloëtta, qui distingue des personnalités de la recherche en sciences médicales, récompense cette année Bart Deplancke, professeur à l'EPFL, et Anne Müller, professeure à l'Université de Zurich. Le Laboratoire de biologie des systèmes et de génétique étudie l'organisation, la régulation et la variation du génome. ■



Festival. L'environnement au cœur de Scientastic

Le festival des sciences de l'EPFL vous invite à sa huitième édition, qui aura lieu en fin d'année 2021 à l'EPFL.

Scientastic, c'est la découverte des sciences et des technologies au cœur du campus, pour les adultes et les enfants. Après deux reports en raison de la pandémie, la huitième édition de Scientastic aura lieu en fin d'année 2021. Le concept reste le même que prévu initialement, c'est-à-dire un nombre de participants réduit pour pouvoir assurer un cadre sécurisé respectant les règles d'hygiène en vigueur. Au cours de ces deux journées, tous les âges pourront découvrir la thématique de l'environnement sous différentes formes.

Six ateliers pour un public de 4 à 13 ans proposent de s'interroger sur des phénomènes scientifiques liés à l'environnement, et de découvrir les sciences et les techniques par le jeu, la construction et l'expérimentation.

A l'espace « COMMENT ÇA MARCHE ? », le public est invité à découvrir les éléments de l'environnement qui sont essentiels au fonctionnement du climat. Des modules interactifs permettent ainsi au plus grand nombre de comprendre les phénomènes qui façonnent notre planète, de manière

attractive, avec les explications de médiateurs et médiatrices scientifiques et étudiantes et étudiants sur place.

Deux spectacles scientifiques élaborés par les sections de chimie et de physique de l'EPFL offrent l'occasion au public de comprendre les phénomènes scientifiques de manière ludique. En outre, les conférences données par des scientifiques de l'EPFL permettent au public de découvrir des recherches qui y sont menées dans le domaine de l'environnement et trouver des réponses à ses questions.

L'activité Imaginarium, proposée en collaboration avec l'association Global Earth Horizon Talk (GEHT), invite le public à inventer, le temps d'une journée, des alternatives à nos modes de vie actuels. A noter que les fondations SimplyScience et Science et jeunesse tiendront chacune un stand avec des démonstrations. Le public aura également l'occasion de découvrir deux œuvres de l'artiste Etienne Krähenbühl, qui sera présent pour expliquer ses travaux. ■

Automne 2021

Campus de l'EPFL.
Accès uniquement sur inscription.
scientastic.epfl.ch

Gaming. Les jeux vidéo suisses au patrimoine de la culture numérique

Les jeux vidéo occupent une place de plus en plus importante dans la culture populaire et commencent à être largement reconnus comme création artistique, vecteur social et secteur économique. GameLab UNIL-EPFL et le Musée Bolo (situé sur le campus de l'EPFL) ont récemment commencé à travailler sur un nouveau projet, Pixelvetica, qui contribuera à préserver la participation unique de la Suisse à l'histoire des jeux vidéo. Ils collaborent avec Atelier 40a, un collectif de spécialistes en conservation basé à Berne, et ont reçu le soutien de Memoriav, un réseau engagé dans la préservation du patrimoine culturel audiovisuel suisse.

La remarquable participation de l'EPFL au projet Pixelvetica souligne ses compétences solides en gestion des sources numériques. «Travailler avec la complexité des jeux vidéo nous donne une précieuse occasion de développer des compétences plus vastes et transférables dans la conservation d'objets numériques indigènes», explique Yannick Rochat, du GameLab UNIL-EPFL.

Les jeux vidéo sont des objets culturels extrêmement riches. Ils comportent plusieurs éléments différents qui posent chacun des défis distincts en matière de conservation. L'interface matérielle entre le joueur et le jeu doit être physiquement maintenue. Cela comprend notamment le support de données, les machines pour lire les données et les contrôleurs portables. Dans le même temps, le code source

doit également être extrait et archivé sur un support stable, avec les métadonnées afin de garantir une traçabilité à long terme.

Toutefois, ce n'est pas seulement le jeu qui doit être préservé, mais aussi les pratiques culturelles qui se développent autour de celui-ci. La promotion et la distribution d'un jeu requièrent un dispositif commercial élaboré. Une fois qu'un jeu est édité, les joueurs actifs créent spontanément leurs propres espace social et système de communication. Les publications imprimées et les réseaux sociaux donnent une trace documentaire de ces structures commerciales et sociales éphémères. Les sources écrites nous apportent ainsi de précieuses données sur l'expérience de jeu et aident à situer un jeu dans un contexte historique spécifique. ■

pixelvetica.ch

Jeux vidéo suisses emblématiques

Bact. Édité par Epsitec-System vers 1981 pour l'ordinateur personnel Smaky 6.

FAR: Lone Sails. Développé par Okomotive et édité par Mixtvision en 2018 pour toutes les plateformes récentes.

Farming Simulator. Développé par GIANTS Software et édité par Focus Home Interactive, de 2008 à aujourd'hui.

Speedy Blupi. Développé et édité par Epsitec en 1998 pour Windows.

Traps'n'Treasures. Développé par Nightingale Productions, édité par Starbyte Software et Krisalis Software en 1993 pour l'ordinateur personnel Amiga.



Nuit des musées 2017.

MASTER EN MANAGEMENT DURABLE ET TECHNOLOGIE

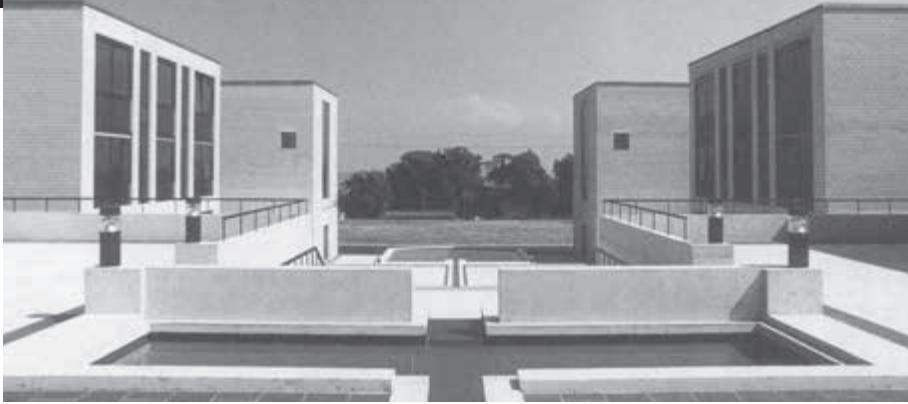
L'EPFL a lancé un Master conjoint en Management durable et technologie. L'objectif de ce cursus est de fournir à la prochaine génération de managers les connaissances et compétences leur permettant d'assurer une transition vers une économie plus résiliente, durable et inclusive. Ce nouveau Master ouvrira ses portes en septembre 2021 à des profils issus d'une part de l'ingénierie et, d'autre part, du management avec une formation scientifique. Il est le résultat d'une initiative regroupant les institutions de l'Enterprise for Society Center (E4S). ■

www.e4s.center

AUTOMATES À PRODUITS LOCAUX



Durables, sains et locaux. Voilà le type de produits que l'on trouve désormais dans des distributeurs automatiques à l'EPFL et sur le campus de Micro-city, à Neuchâtel. Ce projet pilote, qui a aussi séduit la HES-SO Valais Wallis, à Sion, revoit l'assortiment des automates à snacks avec des produits locaux, répondant à des critères de durabilité (emballages, circuits courts...), de qualité (charte d'excellence) et de santé (sains et équilibrés, correspondant à différents types de régimes). Initié par l'EPFL, le projet pilote, qui dure jusqu'à fin août, regroupe la marque régionale «Vaud +» et le producteur de distributeurs Dallmayr. Il se déployera dès septembre sur les campus de l'EPFL. ■



Architecture. Un riche quart de siècle de construction vaudoise

Dans un livre-catalogue, Bruno Marchand et Pauline Schroeter consignent un quart de siècle d'architecture vaudoise, de 1975 à 2000.

C'est une capitale de vigne, une station de transformateurs électriques, un quartier de 250 appartements, un gymnase, une chaufferie à bois, un arsenal, une église ou une prison. Puis des dizaines de rénovations, transformations, réhabilitations et autres reconversions. Et des places, des routes,

des bords de lac, des passerelles, des escaliers et des ascenseurs. Enfin, trois sites institutionnels majeurs – l'UNIL, l'EPFL et le CHUV – analysés à travers leur développement. Voilà en accéléré-résumé le déroulé du nouvel ouvrage que signent les architectes Bruno Marchand, professeur honoraire de l'EPFL, et Pau-

line Schroeter, collaboratrice scientifique à l'EPFL. Sur près de 500 pages en noir-blanc et en couleur, ils révèlent les perles de l'architecture du canton de Vaud durant le dernier quart du siècle dernier.

Cette période est cernée par la crise du pétrole et la fin de la modernité pour le monde architectural, d'un côté, et la fin des incidences de la crise immobilière du milieu des années 1990, de l'autre. «Je pensais qu'on n'avait pas beaucoup construit durant cette période. Mais j'ai réalisé que, contrairement à la période précédente où la majorité des constructions étaient dans les grandes villes, cette fois, notamment du fait de la construction de l'autoroute en 1964, il y avait énormément d'objets en périphérie et ailleurs. La deuxième découverte est que le volume des constructions neuves se double d'un volume de transformations et rénovations, soit de bâtiments anciens, soit de constructions des années 50, 60 et 70», résume Bruno Marchand.

La période est découpée en trois parties qui correspondent aux décennies 70, 80 et 90. Les premières sont véritablement des années de crise, mais elles sont très intéressantes, car elles marquent l'arrivée de beaucoup de thèmes comme la sensibilité écologique et patrimoniale ou la

Livres sélectionnés par la librairie L'Intégrale à l'EPFL l'integrale-livres-epfl.ch

LA VIE SECRÈTE DE MA TASSE DE THÉ



Matériaux. Pourquoi le verre est-il transparent? Pourquoi un trombone en métal se plie-t-il alors qu'une lame de rasoir est tranchante? Pourquoi une tasse de thé, la mine d'un crayon ou une semelle de basket ont-elles l'aspect qu'en connaît et se comportent-elles comme elles le font? Nous avons créé les matériaux qui nous entourent et n'y prêtons guère attention. Ils recèlent pourtant bien des mystères et ont beaucoup à nous apprendre. Avec passion et humour, Mark Miodownik brosse le portrait intime de 10 d'entre eux et révèle leurs secrets à travers mille anecdotes. ■

La vie secrète des matériaux, L'histoire surprenante de la petite cuillère et d'autres objets du quotidien, Mark Miodownik, 304 pages, Quanto.

TOUT CE QU'ON IGNORE DU BIG BANG



Univers. Alors que de nombreux ouvrages scientifiques mettent l'accent sur ce que nous savons de l'Univers, Dan Hooper se concentre sur ce que nous ignorons des débuts de l'univers, malgré les efforts continus déployés par les engins spatiaux et les accélérateurs de particules pour faire la lumière sur ces heures mystérieuses. L'astrophysicien américain n'hésite pas à évoquer les échecs de ces efforts, comme l'absence de détection de la matière noire ou des particules subatomiques à haute énergie prévues par certains modèles. ■

Aux premiers instants de l'Univers, Le mystère de la matière et de l'énergie noires, 256 pages, Dan Hooper, Quanto.

COMPTEZ AVEC LES FEMMES



Egalité. «Voilà plus de 20 ans que je fais de la recherche en informatique à un très haut niveau. Je me suis aussi frottée, en tant qu'entrepreneuse dans la deep tech, aux investisseurs, accompagnateurs, incubateurs et start-upeurs de tout crin, raconte Anne-Marie Kermarrec, professeure à l'EPFL. Je suis encore trop souvent parmi les rares femmes dans l'assemblée. Comment mettre fin à la sous-féminisation de ce secteur encore très machiste, à l'image de notre société? Avec ce livre, je souhaite que les femmes soient autant attirées par l'informatique que par la médecine.» ■

Numérique, compter avec les femmes, Anne-Marie Kermarrec, 240 pages, Editions Odile Jacob.

QUAND LA NATURE INSPIRE



Innovation. Le biomimétisme est une approche scientifique qui consiste à imiter les plus belles inventions de la nature – l'efficacité énergétique de la photosynthèse, la solidité du corail, la résistance des fils de soie de l'araignée, les propriétés adhésives des filaments de la moule – pour les adapter au service de l'homme. L'auteure nous fait découvrir des applications efficaces et respectueuses de l'environnement, développées par des chercheurs pionniers dans les domaines de l'agriculture, des matériaux, de l'informatique et de l'industrie. Construit comme un voyage initiatique, ce livre est devenu une référence incontournable. ■

Biomimétisme, de Janine M. Benyus, 500 pages, Rue de l'Echiquier.

question énergétique. Les années 80 sont caractérisées par le développement des grandes institutions et équipements, notamment scolaires. C'est une période que l'on peut qualifier de postmoderne avec un retour à l'histoire et à la monumentalité ainsi qu'un recentrage sur l'autonomie disciplinaire : l'architecture ne se laisse plus influencer par les autres disciplines. C'est aussi la période de l'essor des concours publics.

Durant les années 90, du fait de la crise, les commandes diminuent. Les dépenses sont plus parcimonieuses ; on travaille de façon plus simple, souvent avec un seul matériau en même temps que l'art devient de plus en plus présent dans l'architecture.

On peut aussi retenir de ce quart de siècle l'essor de la brique silico-calcaire dans les années 80. « J'ai rarement vu à un moment précis de l'histoire de l'architecture un matériau qui a été aussi prisé, s'étonne l'architecte. Si les qualités du matériau sont reconnues, je pense que c'est aussi dû à un effet de mode. Dans les années 90, le bois et le béton font leur retour. » ■

Architecture du canton de Vaud, 1975-2000,
Bruno Marchand et Pauline Schroeter,
464 pages, EPFL Press.



DES RÉALISATIONS REMARQUABLES

Le gymnase de Nyon de Vincent Mangeat, l'Ecole de la construction à Tolochenaz de Patrick Mestelan et Bernard Gachet ou encore le centre communal à Chéserex de Fonso Boschetti. « Outre leur force architecturale, ils expérimentent une vision de l'institution qui est très différente », justifie Pauline Schroeter. Le bâtiment des Telecom PTT de Rodolphe Luscher, à l'entrée du site de l'EPFL, ou encore les Archives cantonales vaudoises de l'Atelier Cube sont deux objets qui ont été largement publiés. ■

DES RÉNOVATIONS REMARQUABLES

« On a distingué les rénovations d'ouvrages historiques pour lesquels on peut citer la transformation des Galeries du commerce de Lausanne en Conservatoire de musique par le bureau Longchamp & Froidevaux (ci-contre). Et les « héritages modernes » avec par exemple le siège de Nestlé à Vevey, rénové par Jacques Richter et Ignacio Dahl Rocha », mentionne la collaboratrice scientifique à l'EPFL. ■

SIMULATION CASE STUDY

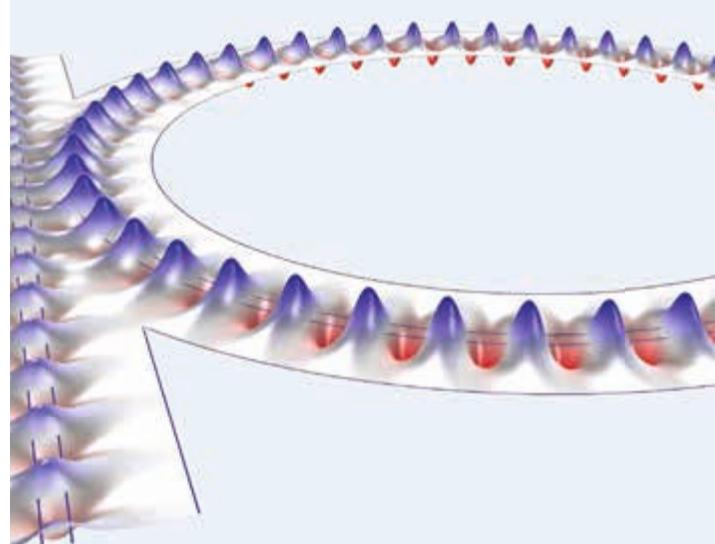
It all started with two buckets of water...

In 1870, a scientist named John Tyndall tried to control light using two buckets of water, illustrating total internal reflection to a fascinated audience. Today, researchers have more advanced tools at their disposal. When fabricating and analyzing optical waveguide prototypes, modern-day engineers can use numerical simulation software to speed up the design process.



LEARN MORE

comsol.blog/silicon-photonics





Les éponges de Wendy Queen

Professeure au Laboratoire des matériaux inorganiques fonctionnels de l'EPFL.

J e m'appelle Wendy Queen. Je suis originaire de Caroline du Sud. J'ai déménagé en Suisse depuis la baie de San Francisco en mai 2015, après avoir obtenu un poste de professeure assistante tenure track à l'EPFL Valais-Wallis. Depuis, je dirige le Laboratoire des matériaux inorganiques fonctionnels.

On pourrait dire que mon travail se concentre sur les éponges. Ou tout au moins des matériaux qui ressemblent à des éponges. Nous les appelons « metal-organic frameworks » - abrégé en MOF. En fait, nos éponges sont constituées de blocs de construction métalliques et organiques. A première vue, les MOF ressemblent plutôt à de la poudre. Mais quand on apprend à les connaître, on s'aperçoit qu'ils ont beaucoup de points communs avec les bonnes vieilles éponges de cuisine qu'on utilise pour faire la vaisselle. Les MOF sont les matériaux les plus poreux du monde. Leurs pores vont d'un demi-nanomètre à un maximum de 5 nanomètres, soit environ 50'000 fois plus petits que le diamètre d'un cheveu humain. Nous concevons les éponges de manière à ce qu'elles puissent absorber sélectivement des molécules ou des ions plutôt que d'autres. Ainsi, les MOF peuvent être utilisés pour séparer des éléments spécifiques de gaz ou de liquides. Par exemple, nous pouvons les concevoir spécifiquement pour éliminer les métaux lourds de l'eau ou le dioxyde de carbone de l'air.

Je suis chimiste, avec une formation en chimie inorganique. Au cours de ma carrière scientifique, j'ai toujours été fascinée par la structure des matériaux, leur fonctionnement et la raison pour laquelle ils ont telle ou telle propriété. En fait, c'est mon attrait pour les structures qui explique pourquoi je me suis autant intéressée aux MOF. Ces matériaux sont extraordinairement beaux. Si vous examinez leur structure cristalline, vous constatez que les atomes sont disposés de manière très bien définie. Cet ordre nous permet d'identifier les caractéristiques structurelles qui donnent lieu aux propriétés souhaitées dans un matériau donné.

Je me souviens de mon premier engouement pour les MOF. En tant que doctorante, je concevais de nouveaux matériaux et j'étudiais leurs propriétés magnétiques. Lors de mon postdoctorat, je voulais développer de nouvelles connaissances et élargir mon horizon scientifique. En particulier, je voulais davantage développer mes compétences relatives à la caractérisation des matériaux. Alors, j'ai présenté ma candidature pour un poste au NIST Center for Neutron Research de Gaithersburg, dans le Maryland. Là, j'ai eu la chance d'étudier les matériaux en détail à l'aide de techniques de diffusion neutronique. En résumé, j'ai commencé à utiliser les neutrons pour étudier la structure des MOF et, depuis, je n'ai plus travaillé sur d'autres matériaux.

J'ai à cœur que mes recherches s'appliquent à la résolution d'enjeux globaux, comme la réduction de la consommation d'énergie, la diminution des émissions de CO₂ et l'amélioration de la qualité de l'eau. A l'heure actuelle, je constate que les matériaux poreux peuvent avoir un impact de premier ordre pour notre monde, et c'est l'une des raisons pour lesquelles je continue à travailler sur les MOF. ■



PODCAST

«Are you sure?»
go.epfl.ch/PodcastWendy



Wendy Queen et ses collègues mettent au point des matériaux ressemblant à des éponges qui recueillent des substances spécifiques dans les liquides et les gaz.

Abonnez-vous à *Dimensions*, le magazine de l'EPFL

Chaque trimestre, retrouvez un dossier thématique inédit, la grande interview d'une ou un alumni, les dernières avancées scientifiques et les fruits de l'innovation des équipes de l'EPFL, ainsi que les reflets de la vie d'un campus unique à Lausanne et au-delà.

Par email : dimensions@epfl.ch ou via notre site : dimensions.epfl.ch

IMPRESSUM

Éditeur responsable

EPFL Mediacom
Mirko Bischofberger

Contact de la rédaction

EPFL Dimensions

Mediacom – Station 10
CH-1015 Lausanne
dimensions@epfl.ch
dimensions.epfl.ch
021 693 21 09

Suzanne Setz,
secrétariat de rédaction
et production
Anne-Muriel Brouet,
responsable éditoriale
et cheffe d'édition

Rédacteurs

Arnaud Aubelle
Emmanuel Barraud
Anne-Muriel Brouet
Rémi Carlier
Cécilia Carron
Madeleine Dungy
Sandy Evangelista
Roland Fischer
Valérie Geneux
Giorgia Guglielmi
Julie Haffner
Nathalie Jollien
Celia Luterbacher
Clara Marc
Farnaz Moser
Nik Papageorgiou
Sarah Perrin

Sandrine Perroud

Tanya Petersen
Hillary Sanctuary

Correction

Marco Di Biase
Bill Gilonis

Traduction

Apostroph Group

Illustrations

Laurent Bazart
(dossier et couverture)

Infographie

Emphase Sàrl, Lausanne

Comics

Nik Papageorgiou
Pierre Wazem

Relecture

Giselle Weiss

Conception graphique

EPFL Mediacom
Communication Visuelle
Marc Borboën
Ivan Savicev
Suzanne Setz

Impression

PCL Presses Centrales SA,
Renens
Imprimé sur Rebello certifié
ange bleu - papier 100%
recyclé, mat

Tirage

25'500 (fr)
9'500 (en)

Parution

Quatre fois par an, en mars,
juin, septembre et décembre

Abonnements

CHF 20 par an (4 éditions),
Gratuit pour les membres
cotisants d'EPFL Alumni

Publicité

EPFL Alumni
Rolex Learning Center
Station 20
CH-1015 Lausanne
alumni@epfl.ch



