

**DES
CHIFFRES
ET DES
NOMBRES**

H·É·M·I·S·P·H·È·R·E·S

LA REVUE SUISSE DE LA RECHERCHE ET DE SES APPLICATIONS

HES-SO HAUTE ÉCOLE SPÉCIALISÉE DE SUISSE OCCIDENTALE
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES AND ARTS WESTERN SWITZERLAND

Pi, ou la constante d'Archimède

Le nombre Pi définit le rapport de la superficie d'un cercle au carré de son rayon. On trouve une étude de ce rapport dans des tablettes babyloniennes datant de 2000 ans avant notre ère. Mais c'est le grand mathématicien grec Archimède (né en 287 av. J.-C. à Syracuse et mort en 212 av. J.-C.) qui est considéré comme étant le premier à avoir commencé à calculer des décimales du nombre Pi.

Des chiffres et des nombres



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

$\Delta S \geq 0$

A l'ère des données, les autorités économiques et scientifiques nous assènent des chiffres destinés à cerner des marchés ou appuyer leurs théories. Dans notre vie privée aussi, ils s'immiscent partout, qu'il s'agisse du nombre d'amis que nous comptons sur les réseaux sociaux ou des kilomètres parcourus pour conserver ou atteindre notre poids idéal.

Les chiffres constituent un formidable outil pour décrire rapidement une réalité, parfois très pratique comme pour la HES-SO qui se définit avec ses 25 écoles, 6 domaines, 7 cantons et plus de 21'000 étudiants. Mais la tentation peut être forte lorsqu'à l'inverse les chiffres sont masqués, noyés dans la complexité et dans des hypothèses farfelues émises par des décideurs pour amener de l'eau à leur moulin. Notre société est aussi systématiquement confrontée au dilemme d'une croissance économique constante alors que les ressources sont en train de diminuer. Certaines puissances économiques émergentes annoncent des taux de croissance de leur PIB qui sont difficiles à confirmer par des données économiques fiables.



Luciana Vaccaro,
Rectrice de la HES-SO

PRÉFACE

La vérité par le nombre

Les mathématiques ont toujours beaucoup compté dans ma vie. Avant même de savoir lire correctement, j'arrivais déjà à effectuer des divisions à 2 chiffres. Ce qui me séduit depuis toujours dans cette discipline, c'est qu'il n'y a qu'un seul résultat possible, une vérité. J'y associe également une certaine beauté esthétique: quelle élégance de découvrir la solution la plus simple et directe à une équation! Quelle harmonie se dégage des travaux de Ben F. Laposky, le premier artiste et mathématicien à utiliser les moyens informatiques pour créer des œuvres comme celle qui illustre la couverture de ce magazine.

Il est donc normal que je sois touchée lorsque j'entends des jeunes déclarer qu'ils n'aiment pas les mathématiques. A l'évidence, nous devons réussir à mieux transmettre le goût de cette science, dont la maîtrise s'avère toujours plus précieuse, dans la carrière professionnelle comme dans la vie de tous les jours.

Ce nouveau numéro d'*Hémisphères* aborde les chiffres et les nombres sous toutes leurs facettes. C'est aussi la treizième édition réalisée par l'agence LargeNetwork, dont les impulsions ont été décisives lors de l'élaboration de cette revue. Je tiens à remercier toute l'équipe pour son engagement au cours de ces six années. La HES-SO poursuivra l'édition d'*Hémisphères* selon un rythme bisannuel et avec la même philosophie éditoriale.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce treizième volume d'*Hémisphères*.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

HÉMISPHÈRES

RÉFLEXION

12 | Le nombre à la conquête du monde

GRAND ENTRETIEN

18 | Grégory Chambon

PORTFOLIO

22 | Statistiques des statisticiens

SOCIÉTÉ

24 | La nouvelle ère de l'e-notation

STATISTIQUES

28 | Quand les chiffres ne disent pas la vérité

HISTOIRE

32 | Le mythe du nombre d'or

ENSEIGNEMENT

36 | Maths: comment faire pousser la bosse?

PORTRAITS

40 | Un rapport individualisé aux chiffres

Des chiffres et des nombres

SOMMAIRE

TENDANCE

44 | «Moi quantifié», ou le corps déchiffré

HANDICAP

48 | Autisme: un lien étroit aux chiffres

SANTÉ

52 | L'échelle du mal

INNOVATION

58 | Le maillon fort de la lutte cybersécuritaire

HORLOGERIE

61 | Compter le temps qui passe, mais comment?

MUSIQUE

64 | Le son mis en nombres

TECHNOLOGIE

68 | Deep learning, l'apprentissage par le nombre

ADDICTION

71 | Jeux de hasard: quand rien ne va plus

S'ABONNER À HÉMISPHÈRES

CHF 45.-
seulement

Hémisphères explore deux fois par année une thématique de société actuelle.

Vous pouvez recevoir les 6 prochaines éditions à domicile au prix avantageux de CHF 45.-

INTERNET

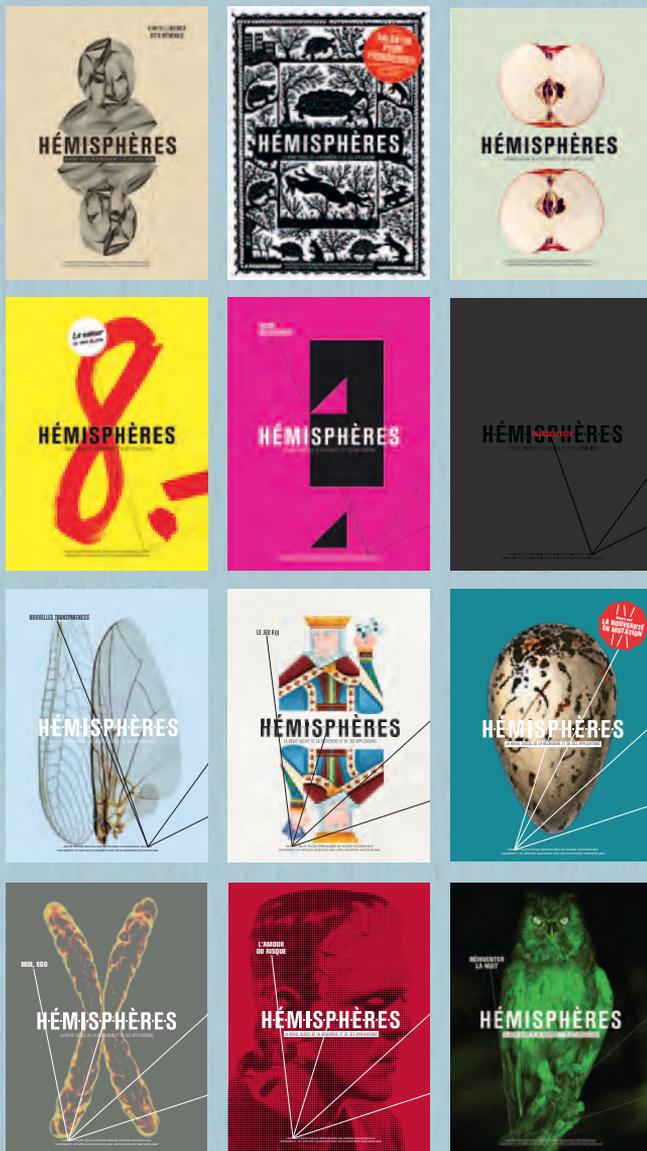
www.revuehemispheres.com

E-MAIL

abonnement@revuehemispheres.com

TÉLÉPHONE

+41 22 919 19 19



Hémisphères est en vente dans les librairies et kiosques de Suisse romande au prix de CHF 9.-

Les étudiants de la HES-SO peuvent s'abonner gratuitement, sur demande.



Hes·so
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

LargeNetwork
information + design

Navigation

Informations relevées dans la presse

design et arts visuels | économie et services | ingénierie et architecture | musique et arts de la scène | santé | travail social

BREXIT MEANS DESIGN

À quoi ressemblera le nouveau passeport britannique post-Brexit? Plus de 200 modèles ont été proposés dans le cadre du concours officiel organisé par le magazine de design *Dezeen*. Les participants, âgés de 12 à 83 ans et originaires de 34 pays, ont privilégié la sobriété, l'élégance mais aussi l'humour. Une sélection de neuf idées jugées les plus innovantes figure sur le site internet du magazine. Le designer écossais Ian Macfarlane a été désigné grand gagnant le 11 avril dernier.

⇒ www.dezeen.com



DES INSECTES DANS NOS ASSIETTES

Grillons, criquets migrateurs et vers de farine peuvent dorénavant être dégustés légalement en Suisse.

Ces insectes sont reconnus comme comestibles depuis le 1^{er} mai, date de la révision de l'ordonnance sur les denrées alimentaires du Département fédéral de l'intérieur (DFI). D'autres espèces d'insectes peuvent être commercialisées à des fins culinaires, mais seulement avec l'accord préalable de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires.

🌀 *Hémisphères* volume XII,
Réinventer la nuit

Un TripAdvisor pour la vie nocturne

Deux étudiants en informatique à l'EPFL, Yannick Bloem et Danil Ivanov, ont créé «Infinight», une application gratuite semblable à TripAdvisor mais dédiée à la vie nocturne. Au début de l'année 2016, la première version de cette application présentait les bars, clubs et festivals de l'Arc lémanique uniquement. Aujourd'hui, plus de 10'000 noctambules l'ont adoptée pour partager leurs «bons plans» dans 40 capitales européennes. Au total, 2000 commerces sont répertoriés.

🌀 *Hémisphères* volume XII,
Réinventer la nuit

UNE START-UP SUISSE POUR GÉRER LE RISQUE

«Neuroprofiler» figure dans la liste des 50 meilleures start-up suisses dressée par le magazine économique *Bilan* en mars dernier. Installée au sein de l'accélérateur Fintech Fusion à Genève, cette start-up est née du croisement entre la finance comportementale et l'intelligence artificielle. Elle offre un outil technologique permettant d'analyser avec plus de précision le profil de risque des clients financiers et, ainsi, de leur faire des offres d'investissement mieux adaptées.

🌀 *Hémisphères* volume XI,
L'amour du risque

LUTTE CONTRE LE DÉMON DU JEU

Les personnes souffrant de ludomanie, ou jeu pathologique, disposent désormais d'un nouvel outil pour mieux autoréguler leurs comportements addictifs. «Jeu contrôle», une plateforme suisse créée en janvier, permet notamment de tenir un journal, de calculer ses dépenses ainsi que son temps passé au casino ou encore d'identifier des situations à risque. Elle a été réalisée dans le cadre du Programme intercantonal de lutte contre la dépendance au jeu. (Lire aussi en p. 71)

📖 **Hémisphères volume VIII,**

Le jeu roi

LES SOIGNANTS CONTRE-ATTAQUENT

Les soignants suisses se mobilisent pour défendre leur profession. L'Association suisse des infirmières et infirmiers (ASI) a démarré la récolte de signatures pour l'initiative «Pour des soins forts» en janvier. Cette initiative a pour objet principal l'augmentation des moyens de formation pour lutter contre la pénurie de personnel. Le texte demande également l'amélioration des conditions de travail et plus d'autonomie dans l'exercice des soins infirmiers.

⇒ www.pour-des-soins-infirmiers-forts.ch/#signez



ÉCOUTER DE LA MUSIQUE PAR LES OS

Transférer les ondes sonores directement à l'oreille interne via les os du crâne. C'est le concept étonnant du Batband, mis au point par l'agence lausannoise Studio Banana. Ce casque audio nouvelle génération transfère le son grâce à la conduction osseuse, le même principe qui a permis à Beethoven de continuer à composer de la musique une fois devenu sourd. Après une campagne de financement participatif réussie, la sortie du Batband est prévue pour juillet 2017.

UNE APP POUR ÉCONOMISER L'ÉNERGIE

«Energy Coach»: c'est le nom de la nouvelle application verte de ce printemps. Fruit de la collaboration entre l'Institut informatique de gestion de Sierre, Suisse Énergie et la fondation Big Effects, elle offre 200 solutions faciles à mettre en pratique dans son quotidien pour économiser l'énergie. Les économies sont quantifiées en francs suisses, kWh et CO₂. Ce projet s'inscrit dans le cadre du Swiss Energy Tour, qui parcourra 20 villes de Suisse d'ici à 2019 pour sensibiliser la population à l'écologie.

⇒ www.hevs.ch



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

INVESTIR POUR L'AUTRE

«I believe in you» est une start-up biennoise qui encourage le crowdfunding pour les athlètes, sportifs et associations sportives. Elle a été créée en 2013 par Fabian Kauter (escrime) et Michael Kurt (canoé), tous deux médaillés olympiques. Des clubs professionnels comme le Neuchâtel Xamax et le Lausanne Sports ont fait appel à ses services. Au total, plus de 4 millions de francs ont déjà été récoltés pour le financement d'environ 700 projets sportifs. Le concept s'exporte actuellement en Scandinavie.

 **Hémisphères volume X,**

Moi, ego

LE CHIFFRE

32

C'est le pourcentage de femmes parmi les chercheurs suisses. En 2012, elles étaient 19'540 à faire de la recherche, contre 40'739 hommes, selon l'Office fédéral de la statistique.

⇒ www.bfs.admin.ch

Criminalité en baisse

Les statistiques policières ont enregistré une baisse des infractions au Code pénal de 4,1% en 2016. Les cambriolages ont connu un recul conséquent, puisque leur nombre a chuté de 11% par rapport à 2015. La part des prévenus mineurs a quant à elle presque diminué de moitié entre 2009 et 2016. Les calomnies, injures et diffamations sont les trois exceptions majeures à cette tendance générale: leurs nombres ont augmenté, respectivement, de 16,5 et 4%.

 **Hémisphères volume VI,**

Transgresser

Lire l'heure par le toucher

La toute première smartwatch pour malvoyants est sortie en mars dernier. Baptisée «Dot Watch», elle a été développée par le jeune Sud-Coréen Eric Kim. Elle permet de «lire» l'heure mais aussi des messages en braille, auxquels il est facile de répondre grâce à deux boutons latéraux. Stevie Wonder compte parmi les premiers acheteurs de cette montre aux fonctionnalités inédites. Kim et son équipe travaillent à présent sur le «Dot Mini», une tablette de lecture en braille, et le «Dot Pad», un dispositif d'images tactiles. L'idée étant de mieux intégrer les malvoyants au monde de la technologie.

⇒ www.dotincorp.com

 **Erratum** Une erreur s'est glissée en p. 18 d'*Hémisphères XII*: en espagnol «nuit» s'écrit «noche» et non pas «notche».

Le nombre à la conquête du monde

«Tout est nombre», disait Pythagore. Vingt-cinq siècles plus tard, l'ère de la statistique et du «moi quantifié» semble lui donner raison. Mais n'est-ce pas là une vision réductrice?

TEXTE | *Matthieu Ruf*

Pour revenir 5000 ans en arrière, il suffit de regarder votre montre. Lire l'heure, c'est en effet utiliser un système de comptage, la base 60, qui existait déjà dans l'antique Sumer, en Mésopotamie! Lire l'heure, comme mesurer une distance à parcourir ou compter les fruits sur un arbre, c'est, surtout, avoir un rapport non seulement à la qualité de l'espace et du temps, mais aussi à l'aspect quantitatif du monde. C'est donc faire usage des nombres, cette abstraction développée au cours des millénaires pour nous permettre de penser la quantité.

En ce XXI^e siècle, on dirait que le monde s'est fait nombre, pour reprendre le titre d'un récent ouvrage du philosophe et mathématicien Olivier Rey. Des notes attribuées tous azimuts aux coûts de la santé, du PIB aux likes, des sondages d'opinion aux «chiffres du chômage», la quantification de nos vies et de notre environnement atteint des proportions inédites, voire angoissantes. Comment en sommes-nous arrivés là?

Un langage universel

L'histoire des nombres est intimement liée au développement des capacités humaines: compter, mesurer, calculer... Depuis les premières entailles dans des os, à la Préhistoire, les nombres ont pris mille formes différentes. En Chine, à partir du III^e siècle avant notre ère, on comptait avec des bâtonnets de bois; dans l'Empire romain, avec des petits cailloux (en latin, *calculus*); chez les Incas, en nouant des cordelettes. Dans le monde entier, l'esprit de la quantité a pris corps dans les doigts des mains, dans des tables de calcul (les abaques), dans différents types de bouliers et, bien sûr, dans les chiffres. Apparues sous des formes parentes dans des civilisations très diverses, les numérations sont les systèmes de symboles qui dotent les nombres d'un langage concret, comme les alphabets le font pour les mots. Or l'un de ces «alphabets» a connu un destin unique.

Les chiffres que nous utilisons tous les jours, que nous nommons «arabes», sont en réalité

**Les Incas
consignaient
des données
statistiques
à l'aide d'une
succession
de nœuds
sur de petites
cordelettes.**

Le boulier, un instrument servant à faciliter le calcul, a été utilisé aussi bien par les Grecs, les Indiens que les Chinois.



nés en Inde, suite à l'invention de la numération de position (voir lexique), vers le V^e siècle. Au Moyen Âge, les caractères 1 à 9, ainsi que le zéro, que ce système fit apparaître, arrivèrent en Europe via le monde arabe, d'où leur nom – et bien que d'autres caractères soient utilisés aujourd'hui dans cette langue. Mais le processus d'adoption fut lent, et rencontra nombre de résistances, explique le mathématicien Alain Schärli, auteur de plusieurs livres sur l'histoire du calcul: «En 1299, pour donner un exemple, le Conseil de Florence a interdit aux banquiers de la ville de les utiliser, sous prétexte qu'ils étaient trop faciles à falsifier.» Leur efficacité redoutable, permettant pour la première fois le calcul écrit, a cependant séduit les commerçants, qui ont été décisifs dans leur diffusion.

En 2017, d'innombrables notations traditionnelles subsistent, à l'image des chiffres romains. Mais les chiffres indiens ont bel et bien conquis la planète, et réalisés d'une certaine façon l'idéal d'un langage universel. Ce succès, cependant, n'explique que très partiellement la prise d'importance grandissante, au long de l'histoire, des nombres, qu'ils ne font que représenter.

Le fantasme du pilotage automatique

Olivier Rey, dans son livre *Quand le monde s'est fait nombre*, évoque deux étapes historiques charnières de la quantification du monde. D'abord, au Moyen Âge, l'émergence d'une perception plus quantitative de la réalité, concomitante à des innovations matérielles qui lui correspondaient: horloges mécaniques, canons, cartes marines, peinture en perspective... Mais c'est surtout au XIX^e siècle que l'auteur identifie une «accélération spectaculaire» du phénomène, un «déluge de nombres» en Europe. Abolition des ordres traditionnels, libéralisme, révolution industrielle, explosion démographique, naissance de l'État-nation: à l'Ancien Régime succède une nouvelle façon de faire société, basée sur la notion d'individu.

La statistique publique connaît alors un essor spectaculaire, souligne Olivier Rey, à la fois pour donner un visage à cette nouvelle société, tel un «miroir» qui «offre à chacun une idée de l'ensemble dont il est partie prenante», et pour la structurer, fonder les politiques de ce qui deviendra l'État social. Le progrès technologique va donner toujours plus de moyens à la statistique, et l'ère informatique en est

Lexique chiffré

Par Matthieu Ruf

«Arabes» (chiffres)

Les chiffres que nous utilisons sont arrivés en Europe au Moyen Âge via des textes de savants arabes, qui les avaient adoptés depuis longtemps. Ils ont toutefois été inventés en Inde, au V^e siècle, avec la numération de position.

Calcul

Pendant des siècles, on calculait en répartissant des petits cailloux (en latin *calculus*) ou des jetons dans les colonnes (unités, centaines, milliers) d'un tableau. Les chiffres «arabes» ont tout changé en permettant le calcul écrit.

Chiffre

Le mot de latin médiéval *cifra* provient, via l'arabe, d'un mot sanskrit signifiant «vide» ou «rien». Il a donné à la fois zéphiro, zéro et «chiffre».

Les chiffres sont les caractères qui rendent visible l'abstraction des nombres.

Déchiffrer

Si rien n'est plus clair que $2 + 2 = 4$, le chiffre peut aussi servir à crypter, à rendre obscur. Les méthodes de chiffrement, qui n'utilisent pas nécessairement des numéros, servent à envoyer des messages secrets.

Infini

Le concept d'infinité numérique existerait déjà dans le *Veda*, le très ancien recueil de textes sacrés indiens. Le symbole ∞ , lui, a été introduit dans les mathématiques par l'Anglais John Wallis en 1655.

Nombre

Des deux ailes d'un oiseau aux 384'400 km de la distance Terre-Lune, les nombres sont une abstraction mentale qui nous permet de penser notre rapport quantitatif au monde.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

La police de caractères OCR-A a été conçue spécialement pour faciliter la lecture de documents par un ordinateur. Mise au point en 1968 sur demande du gouvernement américain, elle affiche ainsi un espace fixe de 0,254 cm entre les caractères. Si les avancées techniques l'ont rendue obsolète, elle fait désormais le bonheur de graphistes et de designers fascinés par son aspect froid et impersonnel.

En 1950, le mathématicien et artiste américain Ben F. Laposky utilise un oscilloscope cathodique associé à des générateurs d'ondes sinusoïdales pour créer de l'art abstrait, une première! Les vibrations électriques affichées sur l'écran de l'oscilloscope étaient ensuite immortalisées à l'aide d'un appareil photo. L'œuvre ci-contre et celle illustrant la couverture de ce numéro d'*Hémisphères* font partie de sa série de «compositions électriques» inspirées de fonctions sinusoïdales.

Les matrices de Raven, imaginée par le psychologue britannique John Carlyle Raven en 1936, sont fréquemment utilisées comme test d'intelligence. L'exercice consiste à compléter une figure avec une partie manquante, ou de trouver la règle de progression d'une série d'éléments graphiques au sein d'une matrice 2x2 ou 3x3.

L'hypothèse de Riemann est l'un des plus importants problèmes mathématiques non résolus à l'heure actuelle. Formulée en 1859 par le mathématicien allemand Bernhard Riemann, elle fait partie des problèmes du «prix du millénaire», sept défis réputés insurmontables, lancés par l'Institut de mathématiques Clay au début du XXI^e siècle. Sa résolution, qui permettrait d'améliorer la connaissance de la répartition des nombres premiers, est dotée d'un prix d'un million de dollars.



Tonique		Seconde		Tierce		Quarte		Quinte		Sixte		Septième		Octave	
Tone		Tone		Semi tone		Tone		Tone		Tone		Semi tone			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Do	Do [#] Re ^b	Ré	Re [#] Mi ^b	Mi	Fa	Fa [#] Sol ^b	Sol	Sol [#] La ^b	La	La [#] Si ^b	Si	Do			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton		Demi-ton	

La suite de Fibonacci est une suite de nombres entiers dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes qui le précèdent. Elle débute généralement de la manière suivante: 0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21. Cette suite est utilisée dans le monde de la musique afin d'obtenir des proportions rythmiques harmonieuses.

Le capteur photographique numérique, qui équipe aujourd'hui chaque téléphone portable, est l'élément qui permet de transformer la lumière en données numériques. Sa surface et le nombre de cellules photosensibles qu'il compte déterminent la qualité de l'image obtenue.

Numérisation

Dans le traitement informatique de données, 1 et 0 sont les signes d'un code binaire, pas des nombres. Mais il y a bien une opération de quantification dans la numérisation, qui décompose une peinture (par exemple) en un ensemble de pixels.

Position

Pour exprimer «7000», les numérations additives (comme les chiffres romains) doivent écrire 7 fois le signe «1000». Avec la numération indienne, les signes prennent une valeur (dizaine, centaine, etc.) en fonction de leur position, ce qui les rend bien plus efficaces.

Quatre

L'être humain est capable de reconnaître jusqu'à quatre objets du premier coup d'œil; au-delà, il doit compter. Les bouliers ont longtemps été conçus sur cette base, alignant par exemple quatre boules blanches, deux boules noires et quatre autres boules blanches.

Sept

Merveilles du monde, notes de musique, couleurs de l'arc-en-ciel, péchés capitaux, chakras hindous...

Le «nombre sacré» est l'exemple par excellence de la symbolique que l'on prête aux nombres.

Universalité

Tous les êtres humains (et plusieurs espèces d'animaux) apprennent à penser la quantité. Cela ne passe pas toujours par le nombre: les indigènes Pirahãs d'Amazonie n'utiliseraient ainsi que les concepts «un», «deux» et «beaucoup».

Zéro

Plusieurs civilisations l'ont inventé, mais la numération de position indienne en base 10 lui a forgé son destin en l'utilisant pour remplir les colonnes laissées vides. C'est ainsi que nous avons appris à écrire quelque chose pour signifier «rien».

le dernier avatar, offrant sa puissance de calcul à tout détenteur d'un téléphone. Société d'individus et nouveaux outils se conjuguent à la mondialisation des échanges, le commerce agissant à nouveau comme un ressort important de la quantification. Le succès de la logique capitaliste – mais la planification soviétique et ses «chiffres de contrôle» de la production ont aussi joué un rôle – a sans conteste contribué à asseoir l'empire contemporain du nombre, à travers l'exigence de rentabilité, influençant jusqu'à la gestion de l'État via les objectifs chiffrés du New Public Management.

Pour Alain Supiot, professeur au Collège de France et auteur de *La gouvernance par les nombres*, cette quantification a réveillé l'utopie de «l'harmonie par le calcul», qui remonte au moins à la Grèce antique. Vingt-cinq siècles après les pythagoriciens, qui pensaient avoir trouvé le principe de toute chose dans les mathématiques, le fantasme ultralibéral d'un «pilotage automatique» remplaçant le politique, guidé par de purs indicateurs économiques, menace de substituer au règne de la loi celui du nombre, met en garde le juriste. «Si une communauté se fixe un objectif quantifié de manière démocratique, c'est positif, explique-t-il. Mais toute forme de programmation plaquée d'en haut est condamnée à provoquer des fraudes et du malheur. On le voit dans le monde du travail, que ce soit dans la recherche scientifique, poussée à fixer à l'avance ses résultats, ou dans l'industrie automobile, confrontée à des injonctions chiffrées inconciliables, entre rentabilité et impératifs environnementaux.» L'auteur évoque également les critères de l'Union européenne sur la dette et le déficit des États qui, d'aides à la décision, sont devenus des buts en soi.

C'est que le nombre fascine pour une raison bien précise, qui le rend dangereusement puissant – et explique, au passage, les propriétés divines ou maléfiques que les humains lui ont de tout temps prêtées. «Contrairement aux mots, un nombre est non réflexif et ne se prête pas à la polysémie, explique Alain Supiot. Ce sont des opérations qualitatives qui l'ont construit – si j'ai 50 pommes à vendre, c'est que j'ai choisi celles qui sont mûres et saines, et en

ai écarté d'autres –, mais ces procédures restent dans l'ombre.» Le chiffre donne l'illusion de la vérité et de la précision. De là à penser que les nombres (ou les graphes, courbes, diagrammes qui en sont tirés) sont la réalité, il n'y a qu'un pas, parfois lourd de conséquences.

Ne plus être un zéro

Pourtant, nous avons besoin des nombres. «Je n'aime pas les attaques faciles contre la quantification en tant que telle: il est des aspects du monde que seule une démarche quantitative permet d'appréhender correctement», argumente Olivier Rey. Les mathématiques sont un outil précieux de la connaissance humaine et le monde est trop vaste, trop complexe pour que nous puissions nous passer des outils de mesure et des statistiques. Pour le philosophe, c'est l'individualisme qui les rend incontournables: lorsque la société est perçue comme un «rassemblement d'individus», la seule façon d'en avoir une image est de considérer ses membres comme des unités égales, et de les additionner.

D'où vient, alors, la hantise de la quantification? Peut-être de la crainte de disparaître, de n'être plus qu'un «zéro». D'où l'importance, selon Olivier Rey, de favoriser des «échelles plus petites», moins écrasantes, de communautés, qui ne fassent de nous ni des subjectivités solitaires, ni des numéros anonymes.

Quantifier, en outre, c'est catégoriser, segmenter le réel en groupes et en unités. Or si nous avons besoin de classifier le monde et d'éprouver sa quantité, pour tenter de le comprendre et d'y agir, nous aspirons aussi à le contempler dans sa qualité, à sentir que nous faisons partie d'un tout. D'où l'intérêt de ne pas laisser le nombre conditionner tous les aspects de nos vies, à commencer par ceux-là même qui permettent la plénitude: méditation, musique, art, sport ou sexualité... Des domaines que la quantification a entrepris de conquérir, pour le meilleur ou pour le pire. ☞

Les grandes dates des mathématiques

Vers 18'000 av. J.-C.

Nombres

Des systèmes très rudimentaires montrent que les hommes consignent des nombres.

Vers 540 av. J.-C.

Nombres irrationnels

Les travaux des Pythagoriciens mènent à la découverte des nombres irrationnels.

Vers 590 av. J.-C.

Triangle

Thalès décrit les principales caractéristiques du triangle.

Vers 300 av. J.-C.

Perspective

L'arithméticien Euclide développe le concept de perspective.

628

Zéro

L'Indien Brahmagupta définit le 0 dans son traité d'astronomie.

1202

Chiffres indo-arabes

Commerçant et grand voyageur italien, Fibonacci introduit les chiffres indo-arabes en Europe.

825

Algèbre

Al Khwarizmi, de Perse, rédige ce qui est considéré comme le premier traité d'algèbre.

1424

3,1415926535897932

Le Perse Al Kashi parvient à calculer 16 décimales de Pi, une précision jamais atteinte jusque-là.

1637

Géométrie analytique

René Descartes pose les bases de la géométrie analytique.

1684

Calcul infinitésimal

Gottfried Leibniz perce le secret du calcul infinitésimal.

1642

Machine à calculer

Blaise Pascal construit «la Pascaline», première machine à calculer mécanique.

1748

Terminologie

Le mathématicien suisse Leonhard Euler définit une part importante de la terminologie et de la notation des mathématiques modernes.

«Dépasser l'apparente neutralité des chiffres»

Intéressé de longue date aux origines des mathématiques, l'historien Grégory Chambon insiste sur l'importance de replacer l'usage des chiffres et des nombres dans un contexte culturel et historique.

TEXTE | Erik Freudenreich

Coûts de la santé, problèmes de circulation, évolution de l'économie... Pas un jour ne passe sans que l'individu moderne ne soit bombardé d'éléments chiffrés, le plus souvent auréolés d'une autorité indiscutable. Mais derrière chacun de ces chiffres, il y a un contexte et des enjeux politiques ou sociétaux, remarque Grégory Chambon, directeur d'études à l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales à Paris. Ce spécialiste de l'histoire et des pratiques arithmétiques et comptables au Proche-Orient ancien rappelle que «les nombres sont le fruit de constructions et de conventions, ils n'existent pas de manière universelle». Dans son ouvrage *Le sens des nombres*, le chercheur fait le plaidoyer d'un enseignement des mathématiques qui replace les nombres dans un contexte d'usage. Une approche qui permet aux élèves de mieux les apprivoiser.

En ce début de XXI^e siècle, les nombres ont envahi notre quotidien, mais leur omniprésence s'accompagne d'une méfiance toujours plus forte à leur égard.

Comment expliquer ce paradoxe?

Aujourd'hui on attribue une valeur scientifique à un chiffrage que l'on n'est plus censé

discuter. Mais il est justement essentiel de montrer qu'un nombre – et cela remonte jusqu'aux données administratives de la Mésopotamie ancienne – est le plus souvent le fruit d'un consensus. Pour illustrer cela avec un exemple actuel, prenez la surface habitable d'une maison. En France, celle-ci ne correspond pas à la surface réelle de l'habitation, car on en déduit les surfaces de moins de 1m⁸⁰. Si dans 2000 ans, des historiens tombaient sur nos textes sans connaître la définition de la surface habitable, ils se retrouveraient à reconstituer nos maisons sur des bases erronées. Il est essentiel de se demander pourquoi un nombre a été produit, comment il a été diffusé, ce que l'on en a fait, pour lui enlever son côté immuable.

Il y a d'ailleurs souvent une confusion entre chiffres et nombres...

Oui, c'est un abus de langage très fréquent. Même les journaux parlent systématiquement des «chiffres du chômage». La différence est pourtant simple: les nombres sont des concepts associés à des entités. Alors que le chiffre est un symbole qui peut être écrit ou représenté, et qui permet justement d'écrire un nombre. Nous avons nos 10 chiffres pour transcrire tous



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

BIOGRAPHIE

Grégory Chambon est né à Clermont-Ferrand en 1972. Au bénéfice d'une formation pluridisciplinaire (mathématiques, histoire des sciences et des techniques, assyriologie), il est actuellement directeur d'études à l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales à Paris, pour un projet de recherche intitulé *Savoirs et culture matérielle au Proche-Orient ancien (IIIe-1er millénaires av. J.-C.)*. Il est aussi auteur ou coauteur de plusieurs ouvrages sur les anciennes pratiques arithmétiques et comptables, dont *Le sens des nombres* (2010), cosigné avec Alain Bernard et Caroline Ehrhardt et *L'archéologie de la comptabilité: culture matérielle des pratiques comptables au Proche-Orient ancien* (2016).

les nombres jusqu'à l'infini. On peut utiliser «5», mais il est aussi possible de choisir le «V» romain, ou d'écrire «cinq».

Un des accents de votre travail de recherche concerne l'enseignement des mathématiques. Un sujet qui a donné naissance à l'ouvrage «Le sens des nombres». Quel a été le point de départ de ce projet?

Il s'agissait de mener une réflexion sur la meilleure manière pour les futurs enseignants de transmettre les mathématiques. Il y a une omniprésence des nombres dans notre société, ils nous sont très familiers. Nous voulions montrer aux enseignants comment apprendre à leurs élèves à prendre du recul par rapport à ces données chiffrées actuelles, à mieux les analyser. C'est-à-dire que les nombres utilisés n'ont pas la même signification selon l'endroit où on les produit et l'endroit où l'on les utilise, qu'il s'agisse de calculs mathématiques ou de prévisions. L'idée est de dépasser l'apparente neutralité des chiffres que l'on nous vend actuellement.

Comment avez-vous procédé pour défendre ce point de vue?

Nous avons réuni différentes références historiques dans notre ouvrage pour montrer que le sens donné à un nombre se construit socialement et culturellement, et non seulement théoriquement. Les nombres ne sont pas quelque chose d'inné. Au contraire, il s'agit d'un concept qui doit faire l'objet d'un apprentissage prolongé et patient, notamment chez les jeunes élèves.

Quels retours avez-vous enregistrés jusqu'à aujourd'hui?

Les enseignants nous disent que casser l'idée de nombres universels parle beaucoup aux élèves. Cela démystifie les mathématiques, et montre qu'il s'agit d'une discipline qui se construit en réponse à des besoins sociétaux.

Comment décrire le rapport aux nombres de notre société?

On peut définir la culture numérique, ou métrique, d'une société en fonction de ce que la société juge ou espère comme chiffrable ou mesurable. De nos jours, tout est quantifié par des nombres et l'on va jusqu'à chiffrer la douleur

sur une échelle de 1 à 10. On cherche à chiffrer les inégalités, mais on voit bien que ce sont des projets extrêmement complexes. La question que l'on peut se poser avec des élèves, c'est pourquoi décide-t-on de chiffrer quelque chose qu'on ne peut pas vraiment mesurer? C'est peut-être là-dessus qu'on a gagné. On parle beaucoup de sondages en cette période d'élections. Il est important de se demander qu'est-ce qu'un sondage, quel impact veut-on lui donner, comment les journaux le reprennent et diffusent dans quel but? Comment les politiques les utilisent, les transforment? On voit que les mêmes chiffres peuvent être utilisés pour différents usages. Là, je pense qu'il est important de sensibiliser les élèves très tôt à ces aspects-là.

Vous êtes également spécialiste de l'histoire des mathématiques au Proche-Orient ancien. Quelle importance les nombres avaient-ils dans la société d'alors?

Ils possédaient trois significations principales: économique, idéologique et mystique. De cette période de plus de 3000 ans avant notre ère, il subsiste des milliers de tablettes d'argile de documentation cunéiforme, cette écriture en forme de coins. 80% d'entre elles sont des textes administratifs de nature économique, qui comportent souvent beaucoup de données chiffrées. Il peut s'agir des dimensions d'un champ ou d'une maison, des rations de nourriture, des flux de denrées pour des stocks de temples ou de palais, des effectifs de personnel, de soldats.

Les nombres jouaient aussi un rôle idéologique essentiel. On peut citer le nombre 3600, qui s'écrit avec un signe cunéiforme qui signifie à la fois «totalité» et «innombrable». 10'000 est un autre nombre très important, qui s'écrit en langue sumérienne avec un signe qui possède également le sens de «grand». On a donc une sorte d'analogie entre le nombre et cette idée de multitude.

Qu'en est-il de la signification mystique des nombres durant cette époque?

Les anciens Mésopotamiens associaient certains nombres à des divinités. Le 15 était par exemple associé à la déesse Ishtar, la déesse de l'amour et de la guerre, tandis que le nombre 20 est associé à Shamash le dieu du soleil. Vous avez

Sur cette tablette est inscrit un texte administratif concernant la gestion du vin dans le palais de la ville de Mari sur le Moyen Euphrate (XVIII^e siècle av. J.-C.) avec, au centre, des chiffres écrits en système centésimal de position. Le scribe a énuméré des jarres de vin (colonne de gauche) destinées à des personnages (colonne de droite). Les chiffres écrits en système centésimal de position correspondent certainement au total des jarres de vin comptabilisées.



On sait que les années mésopotamiennes se divisaient en douze mois de trente jours de façon immuable, ce qui constitue une base sexagésimale.

Une autre hypothèse remarque que le nombre 60 n'est pas trop grand mais dispose surtout de beaucoup de diviseurs: 2, 4, 6, 10, 12, 15, 20, 30. Ce point rend la réalisation de calculs très pratiques. Car les Babyloniens avaient l'usage de multiplier et non pas d'effectuer des divisions. Pour diviser un nombre par 3, ils le multipliaient par un tiers, ce qui revient à 20 en système sexagésimal, ce qui est beaucoup plus simple. Il faut aussi retenir que le système sexagésimal est utilisé pour calculer, et non pas pour compter.

Pourquoi a-t-il été utilisé pour mesurer le temps?

À l'époque, la division de la journée en 12 parties existe bien, mais elle dépend en réalité des saisons. C'est-à-dire que ces heures sont calculées sur le lever et le coucher du soleil, et correspondent à la journée d'un travailleur. Pour l'instant, il demeure difficile de savoir comment on est passé de ces 12 heures aux 24, et aux 60 minutes. Mais il est certain qu'il y a eu une influence du système sexagésimal mésopotamien.

Notre société fait un usage très fréquent des statistiques. Peut-on en retrouver les prémices durant cette période mésopotamienne?

Les assyriologues ont pensé pendant très longtemps que les données chiffrées étaient effectives, c'est-à-dire le reflet de l'enregistrement par des scribes de flux de denrées, de quantités, de mesures, etc. Puis, on s'est aperçu que certaines tablettes avaient une valeur prévisionnelle. Par exemple, dans le cas d'une digue à réparer suite à un orage violent, on remarque un calcul du nombre de jours/hommes que cela va nécessiter.

Il existe un autre processus intéressant, avec des écritures comptables provenant de marchands de la vallée de l'Euphrate, qui prêtaient du grain à leurs clients. Mais les personnes bénéficiaires n'allaient pas forcément retirer le grain de suite, un peu comme un crédit dans une banque

aussi le nombre 30 dédié au dieu de la lune Sîn. Le nombre 50 correspond à Marduk, le grand dieu de Babylone au I^{er} millénaire. On disait que ce dieu avait 50 noms. Enfin, le nombre 60 représente des dieux importants comme Ea ou An, le père des dieux dans la cosmologie sumérienne.

Un des vestiges de la numération mésopotamienne est le système sexagésimal, que nous utilisons encore aujourd'hui pour compter le temps.

Pourquoi un système en base 60?

L'apparition du système sexagésimal est un sujet qui prête encore à discussion. Certains chercheurs le font remonter à la fin du III^e millénaire avant notre ère, durant la période des rois de la troisième dynastie d'Ur. Une première hypothèse pour expliquer l'usage de la base 60 tient à leur manière de calculer le temps.

aujourd'hui. On voit bien qu'on est au-delà du simple reflet de la réalité. On rentre dans des jeux d'écriture qui ne reflètent pas forcément le stock effectif de grains, mais la balance comptable. Ce sont des opérations relativement complexes. Pas des statistiques au sens propre, mais une certaine forme de projection vis-à-vis des nombres pour des usages programmés.

Avez-vous un chiffre fétiche?

Non (*rires*). Mais il est vrai que bien des aspects du comportement humain sont subordonnés à des chiffres. Quand on est né tel jour à telle heure, on a tel profil astrologique. Il y a aussi ces chiffres qui parlent à quelqu'un parce qu'ils le renvoient à certains événements de la vie. Une autre question intéressante, c'est que notre manière d'appréhender le temps dépend des chiffres. On a l'impression que d'un siècle à un autre on change de paradigme. Mais entre le 31 décembre 1999 et le 1^{er} janvier 2000, il y a un changement qui s'avère purement conventionnel. ☞

Statistiques des statisticiens

Le portfolio de ce numéro d'*Hémisphères* propose de découvrir les coulisses de l'OFS à travers une série de données consacrées à l'institution, accompagnées d'un reportage photo dans les locaux de l'OFS à Neuchâtel. Il a été réalisé par le photographe Niels Ackermann, qui a remporté l'an dernier le prix Swiss Photo Awards, catégorie reportage et le titre de Photographe suisse de l'année.

En 1850, le Tessinois Stefano Franscini organisait le premier recensement de la population suisse. Dix ans plus tard, le Bureau fédéral de la statistique prenait forme à Berne. Ce service, renommé depuis en Office fédéral de la statistique (OFS), constitue l'observateur privilégié de l'évolution de la Confédération suisse. En 1998, les différents bureaux de l'OFS ont été regroupés sur un site unique à Neuchâtel.

Une des missions de l'OFS consiste à procéder chaque année au recensement de la population suisse. Un travail qui s'appuie sur quatre types d'enquêtes: un relevé procurant des informations de base sur la population, fondé sur divers registres communaux, cantonaux et fédéraux; les enquêtes structurelles réalisées par échantillonnage (200'000 personnes) qui permettent d'obtenir des informations plus détaillées sur les ménages; les enquêtes thématiques (entre 10'000 et 40'000 personnes) couvrant, en alternance sur cinq ans, la santé, la mobilité, la culture, la formation ou la famille; et enfin, l'enquête Omnibus (3000 personnes) qui renseigne sur l'actualité scientifique et politique. ASD



La version complète
de la revue est en vente
sur le site

www.revuehemispheres.com

OFS 1 Publications | L'Office fédéral de la statistique diffuse en moyenne 350 publications et 130 communiqués de presse par an. Son site internet compte pour sa part 1,4 million de pages vues mensuellement, auxquelles s'ajoute le téléchargement d'environ 1 65'000 documents.

La nouvelle ère de l'e-notation

Hôteliers, passagers de taxis, professeurs, amants potentiels: la quête de la bonne note ne se cantonne plus à l'école. Un phénomène qui entraîne tricheries et effets pervers.

TEXTE | *Blandine Guignier*

La série de science-fiction britannique *Black Mirror*, un succès critique mondial diffusé sur Netflix en 2016, décrit un monde où chaque individu note les autres de 0 à 5, les mieux notés sur l'application ayant accès aux meilleurs services. La personnalité des protagonistes y est jugée en permanence, tout comme leurs actions. Un futur cruel qui ne semble pas complètement rêvé.

La généralisation de ces systèmes de notation est en marche selon Nicolas Nova, enseignant et chercheur à la HEAD-Genève qui s'intéresse aux usages des technologies numériques. «Nous allons évaluer sur internet la propreté d'un hôpital, le service fourni par un chauffeur de taxi, tout comme des relations interpersonnelles sur des sites de rencontre. La distinction entre la sphère personnelle et professionnelle devient floue.» Cette importance grandissante de l'évaluation touche aussi bien le travail des prestataires de services que celui des entreprises web, pour finalement engendrer des conséquences plus larges sur l'ensemble de notre société.

Le point de départ de ce phénomène serait propre à notre économie. «L'évaluation de la performance d'un prestataire est ancienne dans l'économie capitaliste. Les acheteurs décident de recourir à certains services ou de s'en pas-

ser en fonction des recommandations faites par les autres usagers. Cette pratique s'est encore accélérée sous l'effet d'un système d'informations qui, avec l'invention d'internet puis des smartphones, est devenu plus large et disponible. Et surtout, cette pratique d'évaluation n'est plus réservée aux entreprises.»

La notation, meilleure amie de l'économie numérique

C'est la numérisation de secteurs entiers de l'économie qui a rendu indispensable la mise en place d'un système de notes et de commentaires de la part des internautes, selon Roland Schegg, professeur à la Haute Ecole de Gestion & Tourisme de la HES-SO Valais-Wallis. «Avec la digitalisation de l'acte d'achat, qui se fait à distance, sans contact direct avec le vendeur, les acheteurs ont besoin d'être rassurés.»

Dans le secteur du tourisme en particulier, l'évaluation en ligne d'un service de transport, d'un établissement, d'une région ou d'un lieu de visite, a quasiment supplanté les étoiles des guides papier. «Dans l'hôtellerie, les notes sur les plateformes de réservation de nuitées, comme Booking.com ou Trivago, sont devenues tellement importantes que les représentants de la branche mènent des discussions sur la façon de faire coïncider le système d'étoiles d'Hôtellerie Suisse avec celui de ces sites.»

Un épisode de la série télévisée britannique *Black Mirror* imagine un monde où chaque individu se voit attribuer une note sur la base de ses interactions sociales.



Le phénomène de l'évaluation s'est encore accentué avec l'économie de partage. «Lorsque l'on échange des biens entre particuliers, cela devient encore plus crucial d'avoir des gages de sérieux, non seulement concernant le vendeur, mais aussi l'acheteur.» Sur le site français de co-voiturage BlaBlaCar par exemple, les chauffeurs et les passagers se notent les uns les autres. Les avis vont, sur une échelle de 1 à 5, de «parfait» à «à éviter». Les participants à un même trajet, qu'ils soient au volant ou non, évaluent ainsi des éléments objectifs, tels que la ponctualité ou l'exactitude du lieu de rendez-vous, comme des éléments subjectifs, tels que la sympathie ou la propension d'une personne à rendre service. Uber a également introduit un système de notation réciproque. Chaque conducteur ou usager dispose d'une note générale, qu'il peut trouver en cherchant dans ses paramètres.

Ces notes ont un réel impact sur la marche des affaires des entreprises. Elles peuvent déclencher des ventes ou en faire capoter certaines. «Une règle de marketing traditionnelle veut qu'un client mécontent relate une expérience négative

à une dizaine de personnes dans son entourage. En postant des commentaires en ligne, l'impact potentiel est beaucoup plus grand!» Fait moins connu, la note aidera aussi à déterminer la valeur d'une affaire. «Nous avons observé dans une de nos études une corrélation entre bonnes notes en ligne et gestion efficace d'une entreprise. Les banques intègrent toujours plus ces notes lorsqu'elles déterminent la valeur d'une société.»

Face à ces enjeux, les entreprises de services rivalisent en engageant dans leurs rangs ou à l'externe des spécialistes de la «e-réputation». Ces derniers agissent sur la relation avec la clientèle avant, pendant et après la vente d'un bien ou d'un service. Ils répondent également aux commentaires en ligne. Roland Schegg lui-même organise des cours de formation à destination des professionnels du tourisme. «La moyenne suisse globale dans le secteur du tourisme est bonne, entre 81 et 82 sur 100. Mais les acteurs du secteur doivent apprendre à gérer les attentes de leurs clients. Tout le monde ne peut, ni ne veut, aller dans un cinq-étoiles, mais chacun souhaite cependant avoir le confort,

le prix, le service, auquel il s'attendait lorsqu'il a réservé sur internet. Les professionnels doivent donc bien communiquer pour avoir une réputation fidèle à la réalité.»

Le système d'évaluation, un enjeu pour les développeurs

Le développement de ce système de notation s'avère-t-il complexe? Les technologies pour créer l'interface d'évaluation et récolter les données sont désormais bien connues et relativement simples à mettre en place, selon Olivier Liechti, professeur en informatique à la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud - HEIG-VD. Les développeurs rivalisent néanmoins entre eux pour trouver les meilleurs mécanismes antifraudes.

On estime, par exemple, que 30 à 40% des posts sur TripAdvisor sont des «fake reviews», selon Roland Schegg, avec le risque que les offrants, comme les acheteurs se trouvent pénalisés. «Des entreprises essaient de contourner le système en postant elles-mêmes de faux commentaires ou en chargeant une autre société de le faire pour elles, analyse Olivier Liechti. Il peut s'agir d'évaluations positives de leur propre affaire ou, au contraire, de mauvais feedbacks sur la concurrence.» Si les usagers s'aperçoivent de la supercherie, ils ne feront plus confiance au site de référencement ou de mise en relation et arrêteront de le consulter.

Pour contrer la fraude, les développeurs ont donc introduit un système de détection des éléments suspects. «Les données géographiques des usagers sont passées au crible automatiquement, à la manière de ce qui se fait chez les fournisseurs de cartes de crédit. Si un usager a été actif en l'espace de quelques heures à Minsk, Shanghai et Lausanne, le compte sera bloqué. Les commentaires eux-mêmes seront, en outre, analysés. Si la structure du texte est toujours la même, le système détectera qu'il s'agit d'un canevas généré automatiquement par un robot et enverra une alerte. C'est la même technologie qui permet aux messageries e-mails de repérer les spams.»

Une autre manière d'éviter les faux commentaires est de proposer des systèmes de réputation

ou de réservation semi-ouverts. Il s'agit de créer un site ou une application sur lequel l'évaluation n'est accessible qu'aux personnes ayant déjà acheté un bien ou un service. «C'est notamment le cas d'AirBnB, qui ne permet la notation qu'après avoir séjourné chez l'hôte. Les coûts pour organiser une fraude sont alors nettement plus élevés, car il faut s'acquitter, pour mal noter un concurrent, du prix de la chambre ou, s'il s'agit de noter son propre établissement, de la commission de la plateforme.»

La précision du système de notation est devenue un enjeu pour les plateformes, notamment pour se distinguer de leurs concurrents, mais aussi car elles récoltent des données ayant un intérêt économique. «C'est l'économie du big data. Les données d'évaluation peuvent être utilisées pour proposer des produits similaires pouvant vous plaire à vous ou à d'autres usagers. Ce sont les mêmes algorithmes que ceux du filtrage collaboratif pratiqué depuis longtemps par Amazon.»

Une «e-réputation» qui nous impacte tous

La généralisation des évaluations en ligne constitue-t-elle une évolution positive pour notre société? Olivier Liechti reconnaît que nous avons désormais toutes sortes d'informations nous concernant sur internet, flatteuses ou non, sur notre vie publique comme privée. Optimiste, il préfère néanmoins se concentrer sur les aspects positifs. «Au lieu d'avoir des lettres de recommandation ou des personnes de contact à la fin de son CV, les candidats à un emploi peuvent montrer leur expérience en ligne. Je conseille, par exemple, à mes étudiants en informatique de participer à des plateformes comme Stack Overflow, pour se construire une réputation. Ce site évalue les membres en fonction des commentaires des personnes qui ont fait appel à eux pour résoudre des problèmes informatiques, mais aussi parce qu'il calcule et montre le nombre de problèmes auquel les développeurs ont répondu.» L'e-réputation s'avère une excellente carte de visite dans plusieurs métiers: logisticien, artiste, journaliste, etc.

Une des retombées de ce système d'évaluation, selon Nicolas Nova, est la standardisation de l'offre. «On entend souvent que ces systèmes

de commentaires et de notes permettent aux individus de faire des choix plus rationnels. Les notes attribuées à un hôpital ou à une compagnie de taxis permettent effectivement à un usager de se dire que c'est objectivement sûr ou non de recourir à leurs services. Mais il y a de nombreux domaines qui demandent plus de nuances.» Le professeur de la HEAD-Genève cite notamment la gastronomie, qui varie grandement selon les goûts de chacun. «Or, on assiste à une normalisation de l'offre sur des plateformes comme Yelp ou TripAdvisor, où ce ne sont pas les meilleurs restaurants qui arrivent en tête mais les plus consensuels.»

Un sentiment diffus et désagréable d'être sans arrêt contrôlé peut également apparaître avec la généralisation des notes. Cette suspicion généralisée est perturbante pour Nicolas Nova, qui juge ce mécanisme socialement discutable. «Chez les fournisseurs de service, – chauffeurs, hôteliers, mais aussi désormais, enseignants ou médecins, etc. –, l'impression d'une pression constante pour satisfaire le client ou l'utilisateur à chaque minute peut survenir. Cette situation du client-roi entraîne alors un sentiment de

dévalorisation, poussant certaines personnes à arrêter leur métier. Quand il y a une double notation, ce sentiment de contrôle se retrouve aussi chez l'utilisateur.»

On assiste à une transformation anthropologique assez profonde, estime pour sa part Dominique Pécaud, professeur en sociologie et directeur de l'Institut de l'homme et de la technologie à l'École polytechnique de l'Université de Nantes en France. «Ce sont les autres qui définissent qui nous sommes et non plus les normes. Des gens que nous ne connaissons pas vraiment peuvent construire notre identité, sans un tiers garant qui vérifierait que l'évaluation se fasse en fonction de valeurs partagées. C'est comme s'il suffisait d'additionner tous les avis pour avoir une vision objective du comportement, de la personnalité, d'un individu.»

«J'ai pu observer les mêmes mécanismes dans une étude sur les entretiens d'évaluation au sein des entreprises, explique Dominique Pécaud. Une relation très fictive s'instaure, reposant sur l'apparence, le rapport à l'autre, et dont le seul enjeu est la réussite. Dans un jeu de rôle, les deux partenaires vont se mettre d'accord sur des données, plutôt que de se référer à des indicateurs de performance établis.» Cette présentation subjective de soi dépendra aussi de ce que les autres voient de nous. «Dans une autre recherche menée sur la vidéosurveillance, nous nous sommes aperçus que les observés changeaient du fait qu'ils étaient observés, comme une sorte de jeu dans le jeu.»

Un monde de faux-semblants qui s'apparente à celui dépeint dans *Black Mirror*: de quoi devenir pessimiste? «Je ne suis pas malheureux. Je trouve au contraire fascinant de pouvoir observer de mes propres yeux le développement des technologies de l'information, qui constituent à mon sens une évolution sociale et culturelle aussi grande que la naissance de l'imprimerie», rétorque Dominique Pécaud, qui a consacré sa carrière à étudier comment les machines nous transforment autant que nous les transformons. 🌀

Professeur en informatique à la HEIG-VD, Olivier Liechti conseille à ses étudiants de développer leur e-réputation en participant à la plateforme Stack Overflow, qui permet de poser ou de répondre à des questions en lien avec la programmation.

- _____
- Série _____
- Date _____
- Heure _____
- Coordonnées GPS _____
- Focale _____
- Temps d'exposition _____
- Vitesse ISO _____
- Longueur de la focale _____



Quand les chiffres ne disent pas la vérité

L'autorité des chiffres est plus forte que jamais. Ils sont omniprésents dans le discours public et la production de statistiques ne cesse d'augmenter. Tendance corollaire, les utilisations fantaisistes et les manipulations deviennent plus fréquentes.

TEXTE | *Sophie Gaitzsch*

Un article de presse qui évoque un phénomène de société – au hasard, le mauvais sommeil des Suisses – peut certes être intéressant et pertinent si l'on interroge des experts. Mais il n'y a rien de plus convaincant qu'une statistique claire et nette sur le nombre d'heures moyennes passées à dormir pour asseoir le propos. Que ce soit dans les journaux, dans l'arène politique, dans le monde économique ou encore entre simples citoyens, la volonté de confirmer ce que l'on dit par des chiffres n'a jamais été aussi marquée.

«Quantifier apporte indéniablement de la légitimité, note **Alexandre Caboussat**, responsable de la filière International Business Management de la Haute école de Gestion de Genève HEG-GE. Dans la société contemporaine, notamment dans un cadre professionnel, les individus sont de plus en plus appelés à se justifier et les chiffres constituent un argument de poids.»

Les 13 maires de Zurich

Dans la sphère publique, le besoin de prendre des décisions basées sur des faits augmente,

constate Simone Nuber, directrice de la statistique de la Ville de Zurich et membre de la Commission de la statistique fédérale. «Nous sommes entrés dans une ère de données. La possibilité d'accéder à de grandes quantités de connaissances grâce aux nouvelles technologies oblige les personnes qui prennent part au discours public et aux processus politiques à être très informés et très solides dans leurs arguments. Dans ce contexte, la statistique publique joue un rôle toujours plus important.»

Le nombre de taux, d'indices et de moyennes disponibles ne cesse d'ailleurs de croître. Ils proviennent d'institutions officielles, mais aussi d'acteurs privés. L'Office fédéral de la statistique confirme avoir augmenté sa production «de manière significative» depuis le début des années 2000. Et ce n'est qu'un début: les milliards de données produites online vont encore accentuer le phénomène.

Quant à la qualité des statistiques publiques, elle s'améliore. D'un point de vue méthodologique, les techniques ont évolué. Elles se basent

«Dans notre société contemporaine, les chiffres constituent un argument de poids», estime l'expert Alexandre Caboussat.



davantage sur des données administratives et les registres publics – qui regroupent des informations concernant les habitants, les entreprises ou encore les bâtiments – et reposent moins sur des enquêtes. «Certaines personnes interrogées ne peuvent ou ne veulent pas répondre correctement, explique Simone Nuber. Lors du recensement en l'an 2000, par exemple, nous avons demandé aux habitants de Zurich d'indiquer leur profession et 13 ont répondu qu'ils étaient maire de la ville... Des algorithmes prenaient ces limites en compte. Mais avec les registres, nous avons gagné en précision.»

Maladresse ou manipulation?

Parallèlement au recours croissant aux statistiques, leur utilisation incorrecte a progressé, constate Frédéric Schütz, statisticien à l'Institut suisse de bioinformatique et à l'Université de Lausanne. Le spécialiste estime toutefois que les personnes à l'origine de ces faux pas agissent dans la plupart des cas de bonne foi. «Tout le monde a accès aux données et aux outils pour les traiter sans en avoir l'habitude et avec des priorités qui ne sont pas nécessairement d'utiliser les chiffres de la manière la plus exacte possible. Au moment de créer un

graphique, le souci du design prend parfois le dessus sur le contenu et donne lieu à des statistiques «menteuses».»

Pour illustrer ce type de maladresses, Alexandre Caboussat de la HEG-GE cite le fameux «effet cigogne», l'exemple type de la confusion entre causalité et corrélation: des chiffres ont montré que le taux de natalité était plus important dans les villages où nichaient des cigognes. Il n'en a pas fallu davantage pour que certains établissent un lien entre la présence des oiseaux et les naissances. «Sur le papier, les statistiques sont correctes. Mais il manque des informations et on les fait parler de manière erronée.»

Cependant, la manipulation existe aussi, pour accompagner un argument qui doit à tout prix aller dans une certaine direction et convaincre son public. Ces petits arrangements conscients avec les chiffres surviennent surtout dans le domaine du marketing et de la publicité ou sont le fait de groupes d'intérêts ou de partis politiques. Mais le monde de la recherche n'est pas non plus épargné par les manipulations de données, notamment quantitatives. À côté du plagiat, il s'agit d'une atteinte à l'intégrité scientifique qui représente un enjeu important pour garantir la crédibilité de la communauté scientifique.

Lobbyistes

Le statisticien cite un autre exemple récurrent, bien que moins visible. Par définition, il est difficile de récolter des statistiques fiables concernant les activités illégales. Le nombre de copies non autorisées de logiciels ou d'œuvres protégées par le droit d'auteur sont impossibles à mesurer, de même que les pertes financières occasionnées. «Mais des lobbyistes ont un intérêt à disposer de ce type de données pour montrer que le problème est important et obtenir le soutien de politiciens, voire convaincre des juges d'imposer des sentences plus lourdes. Au final, les chiffres qui sont diffusés sont fantaisistes.»

«Les chiffres ne sont pas innocents, poursuit Frédéric Schütz. Quand une organisation diffuse une donnée chiffrée, elle le fait toujours dans son intérêt et filtre l'information. En tant que personne qui la reçoit, je dois me poser la

question de sa provenance et de la manière dont elle a été élaborée. Plus les enjeux sont grands, plus le risque de manipulation l'est aussi.»

Contrôle permanent

Est-il donc si facile de mentir avec une statistique? «Les statistiques, c'est comme le bikini. Ça donne des idées, mais ça cache l'essentiel», disait Coluche. Quant à l'écrivain américain Mark Twain, il disait «il y a les mensonges, les sacrés mensonges et les statistiques».

Frédéric Schütz riposte. «L'idée que l'on peut faire dire n'importe quoi aux chiffres est révélatrice de notre relation avec eux. Il est facile de mentir avec des statistiques mais encore plus facile de mentir sans.» Les chiffres sont des données brutes que l'on peut vérifier. Cela est à la portée de tous grâce à internet et aux efforts de transparence fournis par les instituts de statistique.

Biais de confirmation

Reste que la méfiance face aux statistiques est tenace. Une enquête réalisée en 2015 a montré que seulement 45% des Français pensaient que l'indice des prix reflète bien la réalité, un taux qui baisse à 37% pour le pouvoir d'achat et le chômage. Et la tendance ne concerne pas que la France. Martine Durand, la directrice des statistiques de l'OCDE, déclarait dernièrement dans *Le Monde* qu'elle était palpable «dans beaucoup de pays développés».

Simone Nuber, de la Ville de Zurich, livre une explication, tout en soulignant qu'elle ne constate pas une telle défiance en Suisse: les gens comparent les statistiques avec leur expérience personnelle, et les mettent en doute lorsqu'elles ne correspondent pas, même s'il s'agit d'indicateurs très transparents.

«Tout humain normalement constitué qui a une opinion sur un sujet acceptera sans broncher les informations qui vont dans son sens, et refusera toutes les autres, conclut Frédéric Schütz. C'est ce que l'on appelle le «biais de confirmation». Une statistique ne sera donc pas jugée sur sa qualité propre, mais selon les convictions des gens. Et il est très difficile de lutter contre cela.» ☺



L'isotype est une méthode de représentation symbolique de données développée par le scientifique autrichien Otto Neurath. Elle vise à illustrer des informations quantitatives ou pratiques au moyen d'icônes facilement compréhensibles.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

OFS 2 | Lunettes polarisantes | Des lunettes polarisantes sont utilisées pour analyser en 3D les images et données topographiques de la Suisse. Ce travail, réalisé en collaboration avec l'Office fédéral de la topographie, sert à documenter l'évolution du territoire.

Le mythe du nombre d'or

Le pouvoir occulte du nombre d'or se serait transmis entre grands maîtres au fil des siècles pour ressurgir dans les toiles de Léonard de Vinci. Une analyse de son histoire mouvementée prouve qu'il n'a pas eu l'influence qu'on lui prête dans l'histoire de l'art.

TEXTE | *Sylvain Menétray*

1,61803398875... Depuis la Renaissance au moins, cette suite infinie de chiffres possède ses adorateurs qui ont publié une littérature foisonnante oscillant entre science, philosophie, esthétique et ésotérisme. Luca Pacioli, un mathématicien franciscain du XV^e siècle, l'appellera la «divine proportion», car ce nombre irrationnel lui évoque la figure de Dieu, également incommensurable, c'est-à-dire qui échappe à l'entendement des hommes. Au fil des siècles, la légende du nombre d'or s'est épaissie au point qu'il devienne le symbole de la beauté et de l'harmonie. Plusieurs exégètes l'ont considéré comme la clé permettant d'expliquer la structure de chefs-d'œuvre comme le Parthénon ou Mona Lisa.

Au XX^e siècle, Le Corbusier s'en est inspiré pour créer le système de mesures du Modulor, un mot-valise qui combine les termes «module» et «nombre d'or». L'architecte admirait l'harmonie du Parthénon et ses proportions basées sur celles du corps humain. Il avait l'ambition de dépasser la concurrence entre les systèmes de mesures métriques et anglo-saxons par l'invention d'un système universel propre à l'architecture qui s'inspire de la morphologie humaine. Les unités du Modulor forment une suite de Fibonacci, dont les rapports expriment le nombre

d'or. Ainsi, la taille humaine retenue de 1,83 m par rapport à la position du nombril de 1,13 m se rapproche de (ϕ) , le symbole mathématique du nombre d'or. Plusieurs des réalisations majeures de l'architecte et urbaniste comme la Cité radieuse de Marseille ou la ville de Chandigarh en Inde sont basées sur le Modulor.

Plus récemment, le peintre italien Giorgio Griffa, à qui le Centre d'art contemporain de Genève a consacré une rétrospective en 2015, s'est lui aussi intéressé au nombre d'or. L'artiste se distingue par ses œuvres à la fois minimales et chatoyantes réduites aux éléments fondamentaux de la peinture que sont la toile, la couleur et des séquences de touches parcimonieuses de pinceau, qui fonctionnent comme autant de traces de l'artiste dans le réel. Lyriques, élégantes, d'apparence inachevée, ses œuvres plissées, car non tendues sur châssis, évoquent autant la calligraphie que la danse, la science que l'artisanat. Griffa a commencé à peindre dès 1993 les chiffres du nombre d'or en différentes tailles, couleurs et motifs sur de nombreuses toiles.

«Ces œuvres sont très importantes dans la pratique de Griffa, explique Andrea Bellini, directeur du Centre d'art contemporain de Genève.

Le Corbusier a conçu le Modulor comme un système de mesures mieux adapté à la morphologie humaine. Il établit un rapport entre une taille moyenne (1,83 m) et la hauteur moyenne du nombril (1,13 m) qui équivaut au nombre d'or, soit 1,619.

Les rayures du zèbre de cette œuvre de Mario Merz sont censées symboliser l'omniprésence de la suite de Fibonacci dans la nature.

La grande pyramide de Gizeh aurait été conçue en utilisant le nombre d'or. Une hypothèse soutenue à l'aide de contorsions pseudo-scientifiques considérables, explique l'historienne de l'art Marguerite Neveux dans un ouvrage consacré au sujet.



Cette succession de chiffres ne se termine jamais. Elle nous plonge dans un mystère. Un mystère que Griffa associe métaphoriquement à l'art, qui lui aussi est une énigme.» L'artiste perpétue la lecture théologique de Pacioli en s'attachant à cette dimension incommensurable du nombre d'or, qui, par-delà la figure du divin, ouvre vers une transcendance philosophique. Son usage de ce symbole témoigne également des préoccupations de l'artiste pour les questions d'harmonies et de rythme. Inspirateur de Griffa, Mario Merz a, lui, représenté diverses suites de Fibonacci, notamment en néons, avec pour objectif de faire résonner son travail avec l'ordre naturel, considéré dans la tradition platonicienne comme parfait. Il est couramment affirmé que certains phénomènes naturels, comme la reproduction des lapins, sont régis par une telle chaîne rythmique.

Trois siècles avant notre ère, Euclide avait découvert l'opération géométrique qui consiste à couper une droite en «extrême et moyenne raison». En termes algébriques, ce ratio s'exprime par l'équation: $a+b/a = a/b$, c'est-à-dire que la somme d'un grand segment a et d'un petit segment b divisée par le grand segment est égale au rapport du grand segment et du petit segment. La seule solution à cette équation est donnée par le résultat de $1 + \sqrt{5}/2$, soit le nombre

irrationnel. Les propriétés algébriques et géométriques du nombre d'or sont nombreuses. Il intervient notamment dans la construction du pentagone régulier, dont le rapport entre ses diagonales correspond à ϕ .

Sophismes mathématiques

Sa fortune comme théorie esthétique relève en revanche de l'imposture comme le décrypte l'historienne de l'art Marguerite Neveux dans son essai «Le nombre d'or, radiographie d'un mythe». Après une éclipse de plusieurs siècles, le nombre d'or obtient un regain d'intérêt en Allemagne au XIX^e siècle au sein de la jeune discipline philosophique de l'esthétique. Une branche de l'esthétique va prendre appui sur les mathématiques pour légitimer son champ de recherche. Mais ce sont surtout les travaux du diplomate et romancier roumain Matila Ghyka, popularisés en France par Paul Valéry, qui rédige la préface de son ouvrage «Le nombre d'or» (1931), qui vont susciter une frénésie intellectuelle pour la divine proportion. Après une première partie purement mathématique, peu accessible, mais aux raisonnements corrects, Ghyka se donne pour mission de révéler une prétendue généalogie pythagoricienne qui parcourt l'histoire de l'art occidentale et qui se serait transmise de manière occulte des

TROIS QUESTIONS À

Nicoletta Sala

Mathématicienne spécialiste des théories du chaos et de la complexité, Nicoletta Sala a enseigné pendant dix-huit ans à l'Académie d'architecture de Mendrisio au Tessin. Depuis 2014, elle se consacre à la recherche à l'Institut des études de la complexité de Rome. Elle est l'auteure avec Gabriele Cappellato et Mario Botta de *Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura* (2003, non traduit), un livre où il est notamment question des applications du nombre d'or en architecture.

Le nombre d'or inspire-t-il encore des recherches en mathématiques ?

Il sert à évaluer le terme d'une suite de Fibonacci et à construire des rectangles d'or et des spirales. Mais à ma connaissance aucune nouvelle recherche le concernant n'est en cours.

Pourquoi certaines proportions sont-elles considérées comme harmonieuses ? Est-ce parce qu'on y est habitué, ou parce que certains rapports flattent particulièrement l'œil ?

Le nombre d'or jouit encore aujourd'hui d'une réputation en raison des travaux du psychologue Gustav Theodor Fechner qui, au XIX^e siècle, a voulu prouver sa prévalence esthétique. Il a conduit plusieurs expériences où il présentait différents rectangles à des sujets, leur demandant de choisir celui qui leur plaisait le plus. Il en a conclu qu'il existait une préférence naturelle pour la section d'or, mais cette conviction ne se fondait que sur un taux de 35% de réponses en faveur du rectangle d'or. Après plus d'un siècle d'études, il est admis que l'hypothèse de Fechner est fautive et que le nombre d'or ne possède aucune qualité esthétique intrinsèque. Tenter d'expliquer l'harmonie est une tâche complexe qui nécessiterait un apport des neurosciences.

Le mythe du nombre d'or témoigne de la volonté de réduire la beauté à une seule règle. Vos recherches dans le cadre de la théorie du chaos et de la complexité suggèrent une approche inverse. Comment ces théories ont-elles influencé l'art et l'architecture ?

Pendant des siècles, l'architecture a suivi les règles de la géométrie euclidienne parce qu'elle permet de construire des bâtiments à la structure équilibrée sans faire intervenir de calculs compliqués. Dans les années 1970, le mathématicien franco-américain d'origine polonaise Benoît Mandelbrot a démontré que la nature suit d'autres règles que la géométrie euclidienne, signant ainsi l'acte de naissance de la géométrie fractale. Ces objets irréguliers, aux formes qui se répètent d'un degré de détail à un autre, à l'exemple des fougères ou des bassins hydrographiques, ont inspiré l'art et l'architecture à différentes époques aussi bien en Mésopotamie qu'en Afrique, en Orient, et en Occident. Mais ce n'est qu'au XX^e que ces formes ont été intégrées consciemment dans le design. La Palmer House (1950-1951) à Ann Arbor de Frank Lloyd Wright dont le plan est construit sur une série de triangles équilatéraux en est un des premiers exemples. À la fin du XX^e siècle, le design assisté par ordinateur et l'évolution des matériaux de construction ont permis à des architectes comme Zaha Hadid, Paolo Portoghesi, Frank O. Gehry et d'autres d'imaginer des bâtiments au tracé sinueux qui appliquent les règles de la géométrie fractale. En art, les physiciens Taylor, Micolich et Jonas ont découvert que les peintures de Jackson Pollock possèdent certaines caractéristiques des fractales. Leur hypothèse est que Pollock essayait de représenter ce qu'il percevait comme un parfait chaos mathématique, dix ans avant que la théorie du chaos ne soit énoncée.

Le centre culturel Heydar-Aliyev, situé à Bakou (Azerbaïdjan), a été conçu par l'architecte Zaha Hadid, en utilisant les règles de la géométrie fractale.



Construite entre 1950 et 1951 par l'architecte Frank Lloyd Wright, la Palmer House a la particularité d'avoir un plan construit sur une série de triangles équilatéraux et de ne posséder aucun angle à 90 degrés.



architectes de la Haute Égypte jusqu'à Georges Seurat en passant par Léonard de Vinci.

Les observations de Ghyka vont inspirer une nouvelle méthode d'analyse des œuvres d'art. Traçant un réseau complexe de cercles et de diagonales sur des photographies de chefs-d'œuvre de l'Antiquité et de la Renaissance, des mathématiciens comme Élisabeth Maillard, qui a aidé Le Corbusier à formuler le Modulor, ont affirmé que le nombre d'or est entré dans la composition de la pyramide de Kheops, du Parthénon, de la Vénus de Botticelli ou encore dans les œuvres de Piero Della Francesca. Sur cette même base, le nombre d'or est entré dans les manuels d'architecture moderne par l'intermédiaire d'architectes comme Walter Gropius ou l'école du Bauhaus.

Or, bien qu'ils aient défendu une conception de l'Univers fondée sur une perfection géométrique d'origine divine, Pythagore et Platon n'ont jamais fait directement référence au nombre d'or, pas plus que Vitruve et Léonard de Vinci d'ailleurs, qui ont développé des théories sur les rapports entre les parties du corps humain.

Dans son ouvrage, Marguerite Neveux dévoile les sophismes de l'auscultation mathématiques

des chefs-d'œuvre. Elle explique qu'au prix d'écart de calculs parfois considérables et de méthodes pseudo-scientifiques, Élisabeth Maillard et ses confrères ont cherché à réduire à une règle mathématique, à un dogme ou à une formule secrète la création d'œuvres qui répondent à bien d'autres critères esthétiques que celui du nombre d'or. Elle démontre amplement que des artistes comme Seurat ou De Vinci, quoique versés dans les mathématiques, n'avaient pas connaissance du nombre d'or. De même, si les Grecs n'étaient pas insensibles à la perfection des nombres, ils étaient davantage marqués par la beauté des nombres entiers, en particulier du nombre 10, dont on retrouve autant de traces dans les proportions du Parthénon que de rectangles supposément d'or.

Le nombre d'or, nombre remarquable et mystérieux, n'est donc qu'un fantasme, un mythe moderne que des auteurs désireux d'ordonner le chaos du monde au sortir de la Première Guerre mondiale ont imaginé afin de circonscrire ces choses ineffables que sont la beauté et le sentiment esthétique. Comme tout mythe, il a produit des avatars culturels qui compliquent sa démythification tout en offrant un nouveau terrain d'investigation aux artistes qui s'amuse des mythologies. Ainsi, dans un jeu de redoublement mystique, Salvador Dalí a peint «Le Sacrement de la dernière cène» (1955) sur un tableau aux proportions du nombre d'or. En art, est ce symbole qui, à force d'avoir été invoqué, s'est finalement matérialisé. Céder à son adoration aveugle laisse courir le risque de réduire l'art à un précepte simpliste, alors que les artistes n'ont eu de cesse de lutter contre les carcans, dont ceux de la beauté et de l'harmonie. ▯

Maths: comment faire pousser la bosse?

Généralement peu appréciée des élèves, la science mathématique peut devenir ludique et compréhensible par chacun. Elle offre un bagage précieux pour l'avenir professionnel.

TEXTE | *Yann Bernardinelli*

Les travaux du neuroscientifique français Stanislas Dehaene ne souffrent d'aucune confusion: il n'y a pas de don inné pour les maths. Il suffit d'alimenter les aires du cerveau impliquées lors de la pratique des mathématiques pour les rendre performantes. Pourtant cette discipline provoque encore et toujours des sueurs froides aux étudiants et sont trop souvent la cause d'échecs scolaires. À qui en incombe la responsabilité? Comment les enseignants doivent-ils aborder les maths pour susciter l'intérêt, clé de leur apprentissage?

Tout se jouerait à l'enfance. «Tous les enfants sont intéressés par les maths!» assène Christine Del Notaro, chargée d'enseignement en didactique des mathématiques à l'Université de Genève. Pour elle, la répulsion face à cette discipline est un pur produit scolaire. Thierry Dias, professeur en didactique des mathématiques à la Haute école pédagogique du canton de Vaud, précise que cette peur touche

également les enseignants et qu'elle provient du caractère abstrait des mathématiques. «Les objets mathématiques n'existent que dans l'esprit. Dès lors, tout le problème est de savoir comment les représenter pour qu'ils deviennent concrets.» En d'autres termes, pour réussir des problèmes mathématiques, il faut mettre en mots des connaissances. Et c'est là que le bât blesse, car comme le souligne le didacticien: «Dire des maths n'est pas faire des maths.» Il considère que nous faisons tous des maths sans nous en rendre compte, et plutôt bien: des sudokus pour la logique ou le jeu vidéo Pokemon Go pour l'orientation. «Il faut décomplexer», lâche-t-il.

Rudolf Riedi, professeur en mathématiques à la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg - HEIA-FR, précise que les maths ne sont pas seulement de l'algèbre et des calculs. Ils sont avant tout un langage, soit «une façon de penser et de communiquer



qui structure l'esprit pour approcher des problèmes». En pleine révolution numérique, un nombre grandissant de secteurs d'activité sont remplacés par des algorithmes derrière lesquels se cachent des maths. Dès lors, pour évoluer dans notre société, un solide bagage mathématique est désormais indispensable au plus grand nombre.

Des clés pour aimer les maths

C'est toute la diversité des registres de représentation comme le dessin, l'écriture, le langage ou encore la construction qui doit être utilisée avec les mathématiciens en herbe. «Apprendre à écrire une addition en classe enfantine n'a pas de sens!» dit Thierry Dias. Pour lui, il existe quatre clés pour faire aimer les maths aux élèves: jouer, ritualiser, raconter et investiguer.

Expérimenter constitue le fer de lance de Christine Del Notaro: faire découvrir, laisser les élèves face à des problèmes ouverts afin

TROIS QUESTIONS À

Cédric Villani

Lauréat de la prestigieuse médaille Fields en 2010, le mathématicien français Cédric Villani est un fervent défenseur de la discipline. Il dirige actuellement l'Institut Henri-Poincaré, une école-laboratoire de recherche dédiée aux mathématiques et à la physique théorique. Il projette par ailleurs d'ouvrir un musée à Paris pour faire partager la passion de cette science au plus grand nombre.

Les mathématiques prennent toujours plus d'importance dans notre société, mais bon nombre d'élèves ou d'étudiants sont angoissés par la discipline. Comment l'expliquer?

Ce paradoxe est très répandu dans les sociétés développées. On peut blâmer pêle-mêle le haut niveau d'attentes vis-à-vis de la discipline et qui génère de l'angoisse; l'incompréhension par rapport au sens de la discipline; la réduction des horaires; le manque d'enseignants en maîtrise de ce sujet. Ce dernier point est dû à la fois à la difficulté du métier, dont les conditions peuvent être perçues comme peu attractives, et au fait que la plupart des enseignants, pour les plus jeunes, sont résolument littéraires de formation. Le recrutement et la formation d'enseignants et d'enseignantes ayant qualification et motivation sont un enjeu majeur.

Quels outils faut-il utiliser pour mieux transmettre le goût des mathématiques aux élèves?

Le jeu est une piste, de même que les histoires et la culture. Les enseignants sont souvent mal préparés par rapport à ces sujets, et il faut dire que nous devrions les former davantage. Mais surtout, c'est aux enseignants de trouver par eux-mêmes les bonnes pratiques, en expérimentant, en discutant avec leurs collègues, en travaillant dans le cadre des centres de recherche et de formation universitaire qui y sont dédiés. Toute la noblesse du métier d'enseignant réside dans la possibilité de faire ses choix pédagogiques pour transmettre au mieux.

Pouvez-vous nous dire quelques mots de votre projet de musée des mathématiques, qui devrait ouvrir ses portes à Paris d'ici à 2020?

Ce projet a pour but de parler de mathématiques pour tous et toutes: enfants et adolescents, enseignants, simples curieux... On y abordera les aspects techniques, culturels, historiques, technologiques... Des entreprises sont partie prenante, des établissements scolaires y seront étroitement associés. On y trouvera aussi des activités telles que jeux de piste ou réalité augmentée. Tout cela n'a pas vocation à se substituer aux cours de mathématiques, mais à les éclairer et à contribuer à leur donner du sens.

EF

qu'ils puissent suivre le fil de leurs pensées. «Il y a des problèmes qui comportent la notion à transmettre, comme faire 12 fois 8. Face à ce problème, les élèves demandent eux-mêmes comment faire plus simple que d'additionner douze huit d'affilée. Ils sont dès lors prêts à envisager la multiplication.» Pour apprendre par l'expérience, le Mathscope de l'Université de Genève accueille les classes ou les groupes «de 4 à 104 ans» et propose une quinzaine d'ateliers. «Les visiteurs investissent les maths à travers des problèmes qui demandent peu ou pas de connaissances préalables, mais surtout de la logique», indique Shaula Fiorelli, coresponsable du Mathscope.

À plus haut niveau, il est parfois trop tard pour s'intéresser aux maths, car le rythme d'apprentissage est élevé. «Apprendre les maths, c'est comme bâtir une maison. La moindre fragilité dès la pose des fondations et tout s'écroule», illustre Shaula Fiorelli. Alors, comment combler le retard ou susciter l'intérêt des plus grands? Christine Del Notaro indique que les recherches en didactique des mathématiques au niveau postobligatoire montrent qu'il est possible de faire évoluer les registres de représentation à tout âge pour qu'ils ne deviennent pas un obstacle. La notion de classe en opposition aux cours *ex cathedra* dispensés par les universités est importante selon Pascale Voirin, professeure à la HEIA-FR. «Nous pouvons effectuer un suivi des étudiants, car nous en sommes proches et pouvons échanger.» Elle suscite leur intérêt avec des exemples concrets comme l'effondrement du pont de Tacoma. Pour ne pas perdre l'attention des étudiants plus âgés, l'enthousiasme, l'attitude et l'interaction avec les étudiants est capitale, estime Rudolf Riedi. ▮

Les élèves suisses, champions du monde

Selon l'étude Pisa 2016 qui compare les niveaux scolaires internationaux, les élèves suisses sont les meilleurs européens et parmi l'élite mondiale derrière les pays asiatiques. Attention toutefois, car il s'agit d'une moyenne suisse et les niveaux sont très variables entre les cantons, indique Thierry Dias, professeur en didactique des maths.

Selon lui, le niveau romand ne serait pas à la hauteur. La professeure Pascale Voirin juge néanmoins le niveau de maths des étudiants satisfaisant lors de leur arrivée à la HEIA-FR. Certainement parce que la majorité commence une formation technique en raison d'un intérêt ou une facilité en maths. Celles et ceux qui n'ont pas un bon niveau sont, pour la plupart, éliminés dès la première année.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Pascale Voirin, professeure à la HEIA-FR, veut susciter l'intérêt de ses étudiants en mathématiques en employant des exemples concrets.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site

www.revuehemispheres.com

OFS 3 Locaux | L'Office fédéral de la statistique est installé dans un bâtiment haut de 20 m (5 étages) et long de 240 m. Il est annexé à une tour haute de 50 m (14 étages), terminée en 2004. Son toit est recouvert de 1200 m² de panneaux solaires, produisant 2400 m³ d'eau chaude par an.

Un rapport individualisé aux chiffres

Comment un synesthète, un professeur de mathématiques ou le directeur de la Loterie Romande vivent-ils les chiffres au quotidien? Témoignages.

TEXTE | *Patricia Michaud*
PHOTOS | *Guillaume Perret / Lundi13*

Pascal Jourdan,
30 ans,
ingénieur géomètre

«Dans notre métier, se tromper d'un seul chiffre peut avoir des conséquences extrêmement importantes.»

Dans le bureau de géomètres dont Pascal Jourdan est codirecteur, on applique d'ailleurs scrupuleusement le «principe des 4 yeux»: les données sont systématiquement contrôlées par deux personnes. Davantage qu'un don pour les mathématiques, «c'est cette précision et cette rigueur que nous exigeons de la part des collaborateurs». Reste que le calcul «est une composante essentielle de



nos activités». Il intervient «à tous les stades, que ce soit sur le terrain au moment des mesures ou plus tard dans les bureaux, lorsque les données sont contextualisées». Gamin, il l'avoue bien volontiers, Pascal Jourdan avait davantage d'affinités «avec les chiffres qu'avec les bouquins». À l'école, il appréciait particulièrement le fait «qu'en mathématiques, on fait juste ou on fait faux. Il n'y a pas de demi-mesure, pas de place pour la subjectivité ou l'interprétation, comme c'est le cas pour les branches littéraires.» Dans bien des domaines

d'activités du géomètre, «les chiffres occupent une place plus importante que les lettres». Mais de là à dire qu'un bon géomètre peut se contenter d'une maîtrise boîteuse de la langue française, il y a un pas que le Vaudois ne franchit en aucun cas: «Nous avons très à cœur que les collaborateurs rédigent correctement les lettres et e-mails envoyés aux clients. Il n'en va peut-être pas de notre compétence professionnelle, mais en tout cas de notre image!»

Vincent Mignerot,
39 ans,
synesthète et chercheur
indépendant

«Le chiffre 6 est indissociable du vert»

«Mes codes secrets, je les transcris en couleurs. C'est beaucoup plus sûr qu'une date d'anniversaire!» Vincent Mignerot est synesthète. Les chiffres, il les associe spontanément à des couleurs, selon des «correspondances invariables pour moi» mais qui changent d'un synesthète à l'autre. Alors que pour Vincent Mignerot, le 6 est indissociable du vert, «quelqu'un d'autre associera ce chiffre à la couleur bleue». De même, tous les individus atteints de cette «condition neurologique non pathologique» ne procèdent pas aux mêmes combinaisons conscientes des sens. «Rien que chez moi, la synesthésie prend plusieurs formes différentes.

Je visualise, par exemple, tous les sons en formes. Quant aux éléments du calendrier – mois, saisons, etc. –, ils m'apparaissent sous la forme d'un ruban coloré.» Alors que chez certaines rares personnes, la synesthésie apparaît au cours de la vie, par exemple suite à un traumatisme, celle de Vincent Mignerot a connu le mouvement inverse: présente depuis la naissance, «elle s'est estompée lorsque je suis entré dans l'âge adulte». Même s'il assure modestement que ses facultés d'association entre les chiffres et les couleurs ne sont pas aussi développées que celles du célèbre Daniel Tammet (qui a récité de tête les premières 22'514 décimales de Pi), Vincent Mignerot admet néanmoins que sa synesthésie constitue un avantage lorsqu'il s'agit de mémoriser des informations chiffrées ou d'effectuer des calculs mentaux. «Mais elle a aussi ses inconvénients. Prenons un exemple: chez moi, la couleur à laquelle j'associe le jeudi (en vertu de sa synesthésie «calendaire», ndr) n'est pas la même que celle à laquelle j'associe le chiffre 7. Si je griffonne sur un bout de papier que j'ai rendez-vous le jeudi 7 chez le dentiste, il y a des chances que je confonde la couleur et la date...»





Grégoire Nicollier,
59 ans,
professeur de mathématiques
à la HES-SO Valais Wallis

«Une démonstration mathématique est une œuvre d'art»

«Un besoin irrésistible, voire existentiel, de chercher... et de trouver!» C'est ainsi que Grégoire Nicollier décrit la recherche fondamentale. Il en sait quelque chose, lui qui, à côté de son emploi diurne de professeur de mathématiques à la HES-SO Valais Wallis, passe une bonne partie de ses nuits à résoudre des casse-tête scientifiques (puis à publier les résultats), principalement dans le domaine de la géométrie.

Après sa thèse, ce passionné d'alpinisme est devenu guide de montagne, délaissant la recherche durant près d'un quart de siècle. «Il y a quelques années, j'ai été rattrapé par mon premier amour!» Il n'en a pas pour autant abandonné les sommets. «Il m'arrive de réfléchir en marchant. Indirectement, cette activité a peut-être contribué à certaines illuminations...» Enfant déjà, Grégoire Nicollier avait une complicité avec les chiffres: «Quand j'y repense, je réalise qu'au cours de maths, je répondais aux questions de façon spontanée, sans avoir à réfléchir.» Alors certes, le professeur valaisan est doté de suffisamment d'empathie pour se mettre à la place des gens

qui n'aiment pas les mathématiques, jugées trop abstraites. «Mais moi, ce que j'essaie de montrer, c'est qu'elles permettent de comprendre le monde!» Grégoire Nicollier a plusieurs fois par le passé «abordé certaines problématiques sociétales par la porte des chiffres». Il s'est notamment intéressé aux mathématiques électorales: «Là où d'autres mettent de la politique, je mets des maths.» Au-delà, le principal moteur de ce passionné, celui qui compense le manque de sommeil, c'est «l'immense beauté» que peut générer la recherche fondamentale: «Une démonstration, c'est une œuvre d'art!»

Jean-Luc Moner-Banet,
53 ans,
directeur général de la Loterie
Romande

«Le hasard des chiffres
ne privilégie personne»

«En tant que directeur général de la Loterie Romande, je suis – sans surprise – confronté quotidiennement aux chiffres. Mais il faut différencier deux aspects», nuance Jean-Luc Moner-Banet. «Il y a la face émergée: les chiffres que cochent ou grattent les joueurs, les chevaux sur lesquels ils misent, etc.» Et il y a l'autre partie: toutes les statistiques que génèrent les jeux de loterie. «Elles nous permettent de nous assurer que les gagnants perçoivent bien ce qui leur est dû selon les règlements.» Et, le cas échéant, de prendre des décisions stratégiques, par exemple remplacer un jeu par un autre. Chaque jour, Jean-Luc Moner-Banet prend connaissance de tous les résultats, ce qui n'est pas une mince affaire: outre le célèbre EuroMillions,

la Loterie Romande propose notamment «35 jeux à gratter, 11 types de paris sur les courses de chevaux et 80 matchs de foot et de hockey». Une fois par semaine, toutes ces données font par ailleurs l'objet d'une analyse approfondie. «Loin du rapport émotionnel qu'entretiennent les joueurs avec les chiffres, j'ai donc pour ma part un regard très fonctionnel.» Cela n'empêche pas le responsable de tenter lui aussi sa chance de temps à autre. «Pas forcément en jouant à la Loterie, car il serait sans doute mal vu que je décroche le gros lot. Je préfère donc jouer à d'autres jeux ou me rendre parfois au casino.» Le hasard exerce sur Jean-Luc Moner-Banet une certaine fascination: «Il ne privilégie personne. C'est bien l'un des seuls domaines où l'égalité est absolue!» Et de citer l'exemple de ce joueur qui, il y a dix ans, a décroché la timballe à l'EuroMillions (CHF 99 millions de francs) en achetant «une seule grille à 3 francs».



Patrizia Simeone,
42 ans,
collaboratrice scientifique à
l'Office fédéral de la statistique
(OFS)

«Les statistiques ne sont jamais
des chiffres pour les chiffres»

Pour l'actuelle collaboratrice scientifique de l'OFS, «la statistique véhiculait l'image un peu poussiéreuse d'un Monsieur Tournesol seul devant son ordinateur et perdu au milieu des formules très compliquées». Les années ont passé et le cliché a volé en éclats: «À l'OFS, seule une petite minorité de collaborateurs sont des mathématiciens pointus. Les autres sont des gens issus d'autres horizons, comme moi!» Au bénéfice d'une formation «assez généraliste d'économiste d'entreprise HES», Patrizia Simeone explique que si les chiffres font certes partie de son quotidien professionnel, «puisque le but final de l'OFS, c'est d'en publier», ils n'en constituent pas le cœur. «Ce qui m'intéresse vraiment, c'est de comprendre comment les données qui permettent ensuite de produire des statistiques sont récoltées, de quels processus de

travail elles proviennent et à qui elles vont servir.» En effet, même s'ils sont présentés sous la forme de tableaux qui peuvent paraître austères au commun des mortels, les chiffres publiés par l'office n'en sont pas moins ciblés sur des publics précis. «La statistique, ce n'est jamais des chiffres pour des chiffres!» Dans le même ordre d'idées, Patrizia Simeone rappelle l'importance de contextualiser les données: «À l'époque où j'étais responsable de l'unité statistique de la HES-SO, je pouvais vous sortir trois chiffres différents – et tous corrects – si vous me demandiez quel était le nombre d'étudiants étrangers sur un campus. Reste à définir ce qu'on entend par «étranger»...»

«Moi quantifié», ou le corps déchiffré

Applications et capteurs connectés mesurent l'activité sportive, les paramètres corporels ou les habitudes alimentaires. Les adeptes de cette pratique y voient un moyen d'optimiser leur vie quotidienne ou leur santé.

TEXTE | *Robert Gloy*

En l'an 2057, un système politique dictatorial impose à la population des tests de dépistage systématiques et l'oblige à collecter des données concernant son sommeil et son alimentation. Un climat de méfiance s'installe où chaque éternuement peut faire objet d'une dénonciation auprès des autorités. Dans «Corpus Delicti», la romancière allemande Juli Zeh décrit une société dans laquelle la santé prime sur tous les autres aspects de la vie. Le best-seller, traduit en plusieurs langues, a été rédigé en 2009. Quelques années plus tard, une partie de l'histoire semble être devenue réalité.

On ne compte plus le nombre d'utilisateurs d'applications mobiles – comme «OptimizeMe» ou «S Health» – ou des bracelets intelligents connectés au smartphone tels que «Fitbit» qui mesurent leurs pas, leur consommation de calories ou encore leur fréquence cardiaque. Et non seulement les gens récoltent des données sur eux-mêmes, mais ils n'hésitent pas à les partager sur internet: 24 millions de personnes publient leurs progrès diététiques sur «Lose It!», tandis que presque 30 millions de sportifs comparent leurs résultats sur «Nike +». Selon une étude récente du cabinet de conseil berlinois Research2guidance, ils seront plus de 500 millions dans le monde entier à utiliser de telles applications au moins une fois par mois d'ici à 2020. Aujourd'hui déjà, il existe plus de 100'000 applications pour smartphones qui

permettent de s'automesurer. Bon nombre de modèles proposent même des services préinstallés. La valeur du marché de ces applications atteindra 30 milliards de francs dans trois ans avec une croissance annuelle de 15%, toujours selon la même étude.

Un avenir meilleur

Les précurseurs du «moi quantifié» («quantified self» en anglais) se sont retrouvés à San Francisco à partir de 2008 autour de Gary Wolf, journaliste au magazine de technologie *Wired*. La motivation? Apprendre plus sur soi-même et améliorer son bien-être, selon le fondateur. Une des figures les plus emblématiques du mouvement est sans doute Chris Dancy. Cet homme d'affaires américain a investi plus de 40'000 dollars en technologies qui permettent de mesurer chaque battement de son cœur, chaque calorie qu'il consomme, chaque chanson qu'il écoute en ligne – et ce depuis huit ans. Dans la même optique – quoique moins extrême – le journaliste genevois Clément Charles a fondé le groupe Quantified Self Geneva en 2012. Lui-même s'automesure depuis 2009: activités sportives, alimentation ou encore consommation d'essence sont répertoriées dans des tableaux Excel qu'il partage en partie sur des plateformes en ligne. «Ce qui m'a au départ fasciné dans ce mouvement, c'est son côté futuriste. Ses adeptes croyaient en un avenir différent et meilleur», explique-t-il tout en précisant que ce côté utopique est maintenant révolu,

Automesure

TAUX DE GLYCÉMIE

Plus besoin de piqûre pour contrôler son taux de glycémie: le système FreeStyle Libre fonctionne avec une simple pastille collée sur l'arrière du bras, connectée à un scanner.

1,26

en gramme par litre, taux de glycémie à jeun à partir duquel on considère une personne diabétique

ALLURE

L'application RunKeeper, reliée à une montre connectée ou à une ceinture cardio, mesure distance, dénivelé, allure, et fréquence cardiaque lors de chaque course.

42,7

en minutes, durée moyenne par course en Suisse (2013)

FRÉQUENCE CARDIAQUE

Les ceintures cardio comme Polar transmettent via Bluetooth les données cardiaques recueillies durant l'effort ou au repos.

50-80

le nombre de battements par minute d'un cœur adulte au repos, en bonne santé

TENSION

La start-up suisse Qludlab développe une app pour contrôler pression sanguine, débit respiratoire, taux d'oxygène dans le sang et température corporelle grâce à des capteurs connectés.

140

en millimètres de mercure, taux à partir duquel on considère qu'un adulte souffre d'hypertension artérielle

MOUVEMENTS

Les bracelets Fitbit traquent le nombre de pas, les heures passées assis, couché et le rythme cardiaque.

7h55

en moyenne le nombre d'heures que dorment les Suisses chaque nuit

BILAN CARDIOVASCULAIRE

La balance Withings établit un bilan cardiovasculaire: ses capteurs calculent la vitesse d'onde de pouls et détaillent la composition corporelle: masse grasse, osseuse, hydrique, musculaire.

15-20%

l'indice de masse grasse normal pour un homme. Pour une femme, il oscille entre 25 et 30%



puisque le moi quantifié est à présent adopté par le grand public. Son groupe compte toujours 150 membres, mais seuls 5 à 15 membres viennent aux meetings, qui ont lieu environ quatre fois par année.

D'où vient cet engouement pour le moi quantifié? Selon Francesco Panese, professeur à la Faculté des sciences sociales et politiques à l'Université de Lausanne, ses origines remontent au XVII^e siècle, lorsque la mesure de l'état de santé des populations commence à répondre au souci économique des nations. «Aujourd'hui encore, le modèle de prévention fonctionne sur une complémentarité idéale entre la biomédecine qui objective des risques de santé, comme le tabac, l'alcool ou la sédentarité, et les individus qui les intègrent subjectivement à leur mode de vie pour devenir, toujours idéalement, les acteurs responsables de leur santé. Ce qui est nouveau depuis l'arrivée des smartphones et des bracelets intelligents, c'est que les gens objectivent par eux-mêmes leur état de santé avec pour but un retour de leurs mesures sur leurs comportements, en bypassant en quelque sorte la prévention traditionnelle d'État.» En effet, beaucoup d'applications non seulement enregistrent des données, mais donnent aussi des conseils, comme une invitation à se lever lorsque l'algorithme remarque que l'utilisateur est assis depuis longtemps.

D'après l'expert, cette évolution touche aussi les relations médecin-patient: «Le patient connecté tend à accumuler beaucoup de connaissances sur son état de santé, et sa relation au médecin prend de plus en plus le chemin de la négociation, au risque parfois de tensions.» Une évolution que beaucoup de médecins observent avec scepticisme, comme l'explique Nicolas Senn, directeur de l'Institut universitaire de médecine de famille à Lausanne: «Il y a des personnes qui nous appellent, car leur application ou leur bracelet indique une pression artérielle trop élevée.» Pour le médecin, il s'agit du bon réflexe. Mais il faut faire attention à la mauvaise interprétation des données générées par les applications: «Elles peuvent aussi créer une sorte d'angoisse chez l'utilisateur. Les algorithmes ne sont pas très exacts et peuvent être porteurs de faux diagnostics. C'est le rôle du médecin de conseiller le patient et de lui expliquer que les données

enregistrées par les applications mobiles ne dévoilent que rarement une maladie chez un individu en bonne santé.»

Des algorithmes perfectibles

Mais ce ne sont pas seulement les individus qui ont recours aux enregistrements de données: les médecins eux-mêmes y voient également un grand potentiel pour améliorer leurs diagnostics et traitements. Ainsi, Roger Hilfiker, chercheur dans le domaine de la physiothérapie à la HES-SO Valais-Wallis, utilise des capteurs ou des ceintures intelligentes qui enregistrent des données pendant une semaine pour observer la stabilité de la marche d'un patient en rééducation. Ces données sont ensuite analysées en laboratoire: «Cela nous permet de définir un traitement beaucoup plus précis et adapté aux besoins du patient, explique-t-il. Aujourd'hui, ces données nécessitent encore une intervention de notre part, mais je pense qu'à l'avenir les algorithmes seront en mesure de donner en direct un feedback au patient.» Jean-Paul Calbimonte contribue avec ses travaux à la réalisation de cet objectif. Il est chercheur à l'Applied Intelligent Systems

Utiliser des capteurs pour analyser la stabilité de la marche de patients en rééducation permet de trouver des traitements plus précis et mieux adaptés, constate Roger Hilfiker, chercheur dans le domaine de la physiothérapie à la HES-SO Valais-Wallis.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Lab (AISLab) de la HES-SO Valais-Wallis et travaille sur l'application de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé. Selon lui, le potentiel des algorithmes dans ce secteur est loin d'être exploité: «Les technologies aujourd'hui sur le marché utilisent de simples algorithmes qui ne livrent pas toujours des résultats précis, ce qui peut être problématique dans le domaine médical. Par exemple, si vous êtes en bonne santé et que l'application indique que vous avez fait 50 pas alors qu'en réalité vous en avez fait 40, ce n'est pas très grave. Mais pour une personne âgée dont l'activité cardio-vasculaire est contrôlée, il faut que les données soient exactes», précise-t-il.

À l'heure actuelle, que manque-t-il donc aux algorithmes? Jean-Paul Calbimonte évoque les «bruits» qui faussent encore les données. «Il faut que les algorithmes filtrent davantage les données pertinentes. Ainsi, les résultats d'un bracelet intelligent qui mesure différentes activités du corps peuvent être dénaturés lorsqu'une autre personne touche l'appareil.» En plus d'algorithmes performants, l'expert prédit des supports moins visibles. Les capteurs de l'avenir seront intégrés dans les vêtements, les pansements ou même implantés directement dans la peau. Ainsi, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) à Neuchâtel a créé avec la marque de sport américaine Altra une chaussure de course qui analyse, entre autres, la course de l'utilisateur et lui donne des conseils pour améliorer sa foulée en temps réel. Autre exemple: des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology ont récemment développé un pansement qui surveille la cicatrisation de la blessure du patient.

Une aubaine pour les assureurs

À côté des médecins, ce sont les entreprises et les assurances qui commencent à s'intéresser aux pratiques du moi quantifié. Dans ces deux secteurs, on pense qu'une personne s'automesurant vit de manière plus consciente que les autres, ce qui aurait des conséquences positives sur son état de santé. L'assureur Swiss Re, par exemple, a proposé à tous ses collaborateurs un compteur de pas il y a deux ans. 90% des salariés l'ont utilisé et ont même partagé leurs données en interne pour se comparer à leurs collègues. Le groupe zurichois assure néanmoins que ceux qui ne

participaient pas ou qui ne marchaient pas assez n'avaient pas de sanctions à craindre, le but étant uniquement de créer une conscience pour une vie plus active.

L'assurance SWICA va un peu plus loin avec son projet «Benevita»: les clients peuvent partager leurs données via une plateforme numérique. Sur cette base, l'assurance fournit des recommandations – ceux qui les respectent se voient offrir des rabais de 5 à 15% sur certaines mutuelles. «Nous pensons que chacun peut influencer son état de santé par son comportement. Et c'est encore plus motivant s'il y a des avantages financiers à la clé», explique Silvia Schnidrig, porte-parole de SWICA.

Même si le médecin lausannois Nicolas Senn ne remet pas en cause les bienfaits d'une activité physique régulière, il est plus critique quant à l'utilité des applications mobiles et des bracelets connectés dans ce contexte: «Il n'y a aucune étude qui montre que le fait de s'automesurer aide à être en meilleure santé», dit-il. Pour le sociologue Francesco Panese, une telle évolution peut remettre en question notre système de santé basé sur la solidarité: «Aujourd'hui, ceux qui gèrent mal leur santé peuvent aussi être exposés au jugement moral de leurs pairs, un jugement qui pourrait se transformer en punition financière dans un système très néolibéral.» Le précurseur Clément Charles n'y voit en revanche rien de négatif. Il estime que l'enregistrement des données personnelles mènera à terme à une personnalisation du soin médical. En comparant les données dans d'immenses banques de données et en permettant un suivi médical permanent, les médecins seraient en mesure d'offrir des traitements plus précis et surtout individualisés pour chaque patient. ☞

Autisme: un lien étroit aux chiffres

Quand communiquer s'avère difficile, certains enfants avec autisme préfèrent le langage des chiffres. Jusqu'à devenir parfois de véritables génies. Mais quel est leur secret?

TEXTE | *Hannah Schlaepfer*

Depuis la sortie du film *Rain Man* en 1988, la figure de «l'autiste savant», calculant plus vite que son ombre, s'est installée durablement dans l'inconscient collectif. «Il est vrai que certaines personnes avec autisme font preuve de capacités extraordinaires, remarque Évelyne Thommen, professeure à la Haute école de travail social et de la santé | EESP | Lausanne. De nombreuses prouesses mathématiques ont d'ailleurs été réalisées par des personnes avec autisme.» À l'instar du Britannique Daniel Tammet qui a fait sensation il y a quelques années en récitant de tête les 22'514 décimales du nombre Pi en 5 heures et 9 minutes.

Mais toutes les personnes avec autisme ne sont pas capables de tels exploits. Les facultés cognitives varient. «Certains enfants ont une intelligence dans la norme, voire supérieure, explique Évelyne Thommen. D'autres, au contraire, peuvent présenter une déficience intellectuelle sévère. C'est pour cela qu'on parle d'autismes au pluriel et de trouble du spectre autistique

(TSA) afin de montrer la diversité des profils.» Toutefois, pour ceux qui présentent de bonnes compétences cognitives, rien n'indique une prédisposition à devenir des mathématiciens hors pair. «Pour autant, on note souvent un attrait plus prononcé pour les chiffres chez ces enfants.»

Comment l'expliquer? Pour Véronique Zbinden Sapin, professeure à la Haute école de travail social de Fribourg (HETS-FR), «l'autisme s'exprime avant tout par des difficultés à communiquer et à gérer les interactions sociales. Les enfants avec TSA ne savent pas décoder l'expression des émotions et des sentiments, ce qui leur cause de grandes difficultés pour établir des relations.» Ils éprouvent par ailleurs un grand besoin de stabilité, une autre particularité des troubles autistiques. Ils craignent ainsi l'imprévu et ne peuvent donc vivre que dans un environnement cadré où tout est planifié d'avance. Dans ce contexte, l'univers des chiffres s'avère rassurant. Ainsi, 3+3 fera



Le photographe Jérôme Tabet a mis en images les chiffres tels que perçus par Daniel Tammet.

Le chiffre 1 est ressenti comme un big bang, blanc et resplendissant.

Le chiffre 5 résonne comme le tonnerre.

Le chiffre 6 constitue un trou noir permettant de s'échapper du monde environnant.

Des chiffres hauts en couleur

Pour Daniel Tammet, «autiste surdoué» britannique, le chiffre 6 est noir, petit et timide, le 9 est très grand. Quant au 37, il est grumeleux comme du porridge. Les personnes synesthètes comme Daniel Tammet ont en effet la particularité d'associer plusieurs perceptions sensorielles. Ainsi, lorsqu'elles voient écrit le chiffre 4, elles y associent instantanément une couleur, une texture ou encore une forme. La synesthésie ne concerne pas uniquement les chiffres mais toute forme de sens. Aussi, le goût du poisson peut être vert et un morceau de musique classique, carré. Selon une étude réalisée en 2013 par le professeur Simon Baron Cohen et l'Université de Cambridge, 7,2% de la population est atteinte de synesthésie. Ce chiffre s'élèverait toutefois à 18,9% chez les personnes avec trouble du spectre autistique. Comment expliquer cette étonnante prévalence? Selon les chercheurs, la synesthésie serait causée par des connexions neuronales atypiques, similaires à celles que l'on retrouve souvent chez les personnes avec des troubles autistiques.

toujours 6 et le chiffre 1 s'écrit toujours de la même manière. «Comme les mathématiques sont une science exacte, prédictible, qui ne requiert que peu d'interactions sociales, c'est un peu le monde idéal pour eux!» ajoute Évelyne Thommen, de l'EESP.

Un monde idéal que certains ne quittent plus. Les enfants avec autisme ont en effet tendance à développer des centres d'intérêt restreints. «Ils se focalisent sur un objet ou un thème et peuvent y consacrer des heures et des heures, indique Véronique Zbinden Sapin. Lorsqu'ils jettent leur dévolu sur les mathématiques, ils peuvent devenir des génies.»

Mais le besoin de se réfugier dans un domaine de prédilection, cadré et stable, n'explique pas tout. En 2013, une étude menée par le professeur Vinod Menon de l'Université de Stanford a mis en évidence des particularités dans le développement cognitif des enfants avec TSA. Non seulement, ils utilisent des stratégies de décomposition pour résoudre des calculs, mais ils sollicitent également davantage la zone du cerveau dédiée au traitement visuel de l'information. Une constatation confirmée par les professionnels sur le terrain. «Les enfants avec autisme sont en effet très attentifs aux détails, remarque Véronique Zbinden Sapin. Certains identifient, par exemple, instantanément les chiffres qui se répètent dans une suite de nombres. Cela explique pourquoi certains excellent dans la conception d'algorithmes ou comment d'autres parviennent à mémoriser les décimales de Pi.»

Des performances qui fascinent le grand public. Mais «la médiatisation de certains <autistes savants> a donné une image stéréotypée de l'autisme, estime Michel Dumont, enseignant spécialisé auprès d'enfants avec TSA. Dans les faits, leur domaine de prédilection peut s'avérer être une prison dorée. Pour leur épanouissement, il est donc primordial de les encourager à découvrir d'autres univers.» Les mathématiques servent alors de prétexte pour étudier la géographie, l'histoire et pourquoi pas la philosophie. «Il est aussi important de valoriser leur don auprès de leurs camarades, renchérit Véronique Zbinden Sapin. S'ils ressentent un

regard positif sur eux, cela les aidera à développer des relations et c'est là le principal défi pour les enfants avec autisme.»

Une prise en charge précoce est alors cruciale pour permettre leur intégration au sein de la société. «On peut encore s'améliorer en Suisse», estime Michel Dumont. Une opinion relayée par une récente étude menée, entre autres, par Véronique Zbinden sur mandat de l'Office fédéral des assurances sociales. «Diagnostiquer l'autisme n'est pas encore évident aujourd'hui», explique-t-elle. Quant aux causes, elles sont multiples. La génétique semble jouer un rôle central, mais les facteurs environnementaux pourraient aussi avoir un impact. Selon l'association Autisme Suisse, entre 550 et 880 enfants avec autisme naîtraient chaque année dans le pays. «Les génies mathématiques ne sont qu'une minorité, conclut Michel Dumont. Il faut aussi penser aux autres.»



«Certains enfants avec autisme identifient instantanément les chiffres qui se répètent dans une suite de nombres», précise Véronique Zbinden Sapin, professeure à la Haute école de travail social de Fribourg.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

OFS 4 Bibliothèque | La bibliothèque de l'Office fédéral de la statistique contient 6500m de rayonnages, dont 71% sont actuellement utilisés. Le magasin de la bibliothèque, situé au deuxième sous-sol, couvre une superficie de 1000m². 9629 périodiques et 34'231 ouvrages y sont inventoriés.

L'échelle du mal

Chacun ressent la douleur différemment.
La mesurer est donc un vrai défi. Mais il existe
une série d'outils qui permettent de décrire son intensité
et comment elle affecte la qualité de vie.

TEXTE | *Julie Zaugg*

La douleur sert à nous protéger. Lorsqu'on pose le pied sur un clou ou qu'on saisit une casserole brûlante, cela déclenche une impulsion nerveuse qui se transmet jusque dans le thalamus, la partie du cerveau chargée de la décoder. Ce dernier envoie alors un signal au pied ou à la main pour lui indiquer de s'éloigner de cette source de danger.

Mais la douleur n'est pas toujours soudaine et aiguë. «Au-delà de trois mois, on parle de douleur chronique», note Nadine Attal, une spécialiste de la douleur aux Hôpitaux de Paris. Celle-ci peut être sourde et résulter d'une inflammation. Ou alors prendre la forme d'une brûlure, d'un picotement ou d'une décharge électrique et être le signe d'une maladie neuropathique. «Dans ce dernier cas, elle ne joue plus du tout un rôle de signal d'alarme, car elle persiste même si la cause – un nerf coupé ou une arthrose, par exemple – est soignée», détaille Didier Bouhassira,

un neurologue au Centre de traitement et d'évaluation de la douleur de l'hôpital Ambroise Paré, en France.

La douleur est un phénomène éminemment subjectif. «La même stimulation douloureuse chez deux personnes va être ressentie de façon très différente, relève Chantal Junker-Tschopp, professeure de psychomotricité à la Haute école de travail social de Genève. Un ancien bébé prématuré, qui a eu très mal au début de sa vie, va réagir avec davantage de force, car le corps se souvient de la douleur. Elle reste imprimée en lui.» De même, la colère, la tristesse ou le stress augmentent le ressenti de la douleur.

À l'inverse, la souffrance à laquelle on confère un sens, comme celle liée aux douleurs menstruelles ou aux contractions de l'accouchement, va devenir plus supportable. Chantal Junker-Tschopp cite le cas de Aron Ralston,

cet Américain qui a dû se couper le bras après se l'être coincé sous un rocher durant un accident de canyoning. «Il raconte n'avoir pas eu du tout mal sur le moment», précise-t-elle. Son cerveau avait réprimé la douleur, car sa survie en dépendait.

Auprès de certaines catégories de la population, la douleur est physiologiquement différente. Les nouveau-nés, dont la myéline, une substance qui sert à protéger les fibres nerveuses, ne s'est pas encore développée, vont la ressentir de façon plus diffuse mais plus intense.

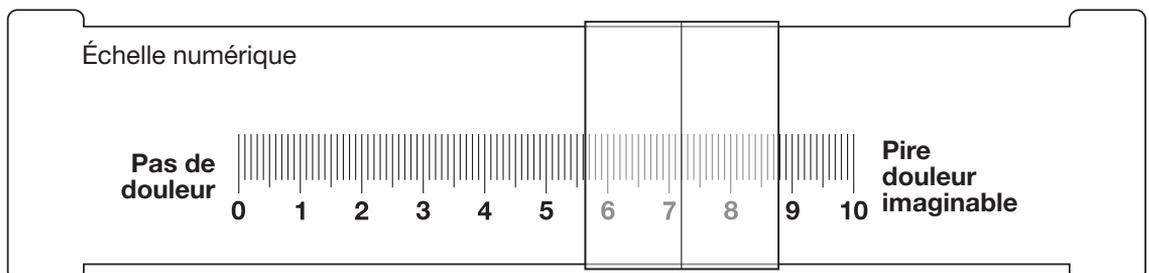
«Chez les personnes avec un syndrome de Down, le système nerveux fonctionne plus lentement, indique Séverine Lalive Raemy, infirmière et chargée d'enseignement à la Haute école de santé de Genève. Le signal de douleur prend plus de temps à arriver au cerveau et à générer une réaction.» Chez les autistes, ces impulsions empruntent d'autres voies. Lorsqu'ils ont mal, ils vont se mettre à rire, à arpenter une pièce ou à s'automutiler. Un tiers d'entre eux ne réagit pas du tout.

Face à cette hétérogénéité, comment fait-on pour mesurer la douleur? «Dans la majorité des cas, on va s'appuyer sur les dires du patient, note Didier Bouhassira. On dispose pour cela d'une série d'échelles verbales, numériques et visuelles.» Le patient doit indiquer si la douleur est absente, faible, modérée, intense ou très intense. Ou alors lui attribuer une note de 1 à 10. Chez les enfants ou les personnes avec une déficience intellectuelle,



«Les soignants ne sont pas suffisamment formés pour repérer la douleur des patients avec une déficience intellectuelle», note Séverine Lalive Raemy, qui a mis en place une formation centrée sur ce thème aux Hôpitaux universitaires de Genève.

Cette échelle d'évaluation de la douleur est utilisée dans les Hôpitaux universitaires de Genève et de Lausanne.



on va utiliser une série de visages qui vont du sourire à la grimace et leur demander de pointer du doigt celui qui correspond à leur souffrance.

Dans le cas des douleurs chroniques, il s'agit aussi d'évaluer «leurs répercussions sur la vie quotidienne, le travail, le sommeil et la santé mentale du patient», précise Nadine Attal. On va en outre les qualifier. «La douleur est-elle brûlante, provoque-t-elle des fourmillements, des picotements ou des démangeaisons, ressemble-t-elle à une décharge électrique?» détaille Didier Bouhassira.

Catherine Ludwig, professeure à la Haute école de santé de Genève, s'est servie d'une échelle numérique pour étudier les douleurs, notamment le mal de dos, chez les plus de 65 ans. «Nous avons constaté que plus de 30% en éprouvaient depuis plus de trois mois», dit-elle. Ils avaient aussi tendance à sous-évaluer leur douleur. «Ils avaient intégré – à tort – la notion que, passé un certain âge, il est normal d'avoir mal», souligne-t-elle.

Ce n'est pas le seuil écueil auquel se heurtent les soignants. «Certaines personnes vont minimiser leur souffrance par peur d'apparaître comme une mauviette», fait remarquer Chantal Junker-Tschopp. Cela concerne particulièrement les hommes dans la quarantaine. Les gens avec une déficience intellectuelle ont en outre tendance à confondre la peur ou l'anxiété avec la douleur et ont de la peine à la localiser. «Quelqu'un qui dit 'j'ai mal au ventre' souffre peut-être d'une otite», note Séverine Lalive Raemy.

Et comme la douleur est subjective, les données livrées par ces examens ne sont pas généralisables. Tout au plus peut-on s'en servir pour évaluer comment la souffrance évolue chez un même patient, avant et après un traitement par exemple.

La situation se corse lorsqu'on a affaire à une personne incapable de s'exprimer verbalement, comme un nouveau-né, une personne souffrant d'Alzheimer ou de lésions cérébrales ou un patient inconscient. Dans

ces cas, l'observation attentive du patient est la méthode la plus efficace. Il existe de nombreuses échelles d'évaluation qui peuvent servir de guide au soignant.

«On examine les expressions faciales, les grimaces, les sourcils froncés ou la mâchoire crispée, et les sons émis, comme les gémissements ou les pleurs, détaille Véronique de Goumoëns, une spécialiste de la douleur chez les patients non communicants à l'HESAV-Haute Ecole de Santé Vaud. On va aussi regarder les mouvements corporels, comme le fait d'éviter certains gestes ou de privilégier une position qui fait moins mal, et la tension musculaire.» Pour une personne inconsciente, on va en outre étudier comment elle interagit avec son ventilateur: le rejette-t-elle? Tousse-t-elle?

Chez les nourrissons, un corps arqué, des jambes repliées qui donnent des coups de pied et l'impossibilité de les consoler font partie des indices à prendre en compte. Au près des enfants et des personnes âgées, le refus de participer aux activités sociales, l'insomnie et l'agressivité peuvent être des signes de douleur. Ces signaux sont parfois contre-intuitifs. «Lorsqu'un patient a très mal, son visage perd toute expressivité et il n'émet plus de sons», souligne Chantal Junker-Tschopp.

Le principal objectif est de détecter un changement dans le comportement du patient, qui pourrait signaler l'apparition ou la dégradation d'une douleur. «Dans certains établissements socio-éducatifs vaudois et genevois, on dresse une «photographie» du malade, soit un document d'une quinzaine de pages qui détaille ses habitudes: ce qu'il aime manger, s'il sourit beaucoup, comment il se comporte normalement, indique Séverine Lalive Raemy. Il sert de référence pour détecter tout changement qui pourrait signaler la présence d'un état douloureux.»

Ces dernières années, des outils ont vu le jour qui cherchent à livrer une analyse objective de la douleur. Une société française, IDMed, a développé un appareil qui mesure des variations infimes du diamètre de la pupille –

celle-ci se dilate lorsqu'on a mal. Elle a été utilisée sur Michael Schumacher, chercheur à la Haute Ecole de Gestion & Tourisme HES-SO Valais-Wallis, lorsqu'il se trouvait dans le coma. Le Centre hospitalier régional universitaire de Lille a de son côté créé un système d'électrodes qui mesurent en continu l'activité du système nerveux et livrent un score entre 0 et 100 correspondant à la souffrance du patient. Et des neurologues des universités de New York, Boulder, John Hopkins et Michigan sont parvenus à identifier l'empreinte que la douleur laisse dans le cerveau sur un IRM.

Mais ces approches ne fonctionnent que dans le cas de la souffrance aiguë. Une méthode développée à l'EPFL convient mieux pour la douleur chronique. Durant une semaine, 60 malades et 15 personnes en bonne santé ont été équipés de capteurs. Cela a permis de mesurer comment les personnes souffrant de douleurs adaptent leur façon de se mouvoir. «Nous avons examiné le nombre de pas accomplis, mais aussi la rapidité de la marche et sa fluidité, indique Anisoara Ionescu, la chercheuse qui a mené cette étude. Certaines personnes avaient tendance à réduire leur activité physique, alors que d'autres, surtout celles avec des douleurs neuropathiques, bougeaient davantage.»

Mais pourquoi se donne-t-on tant de mal pour mesurer la douleur? «Etudier la souffrance d'un malade permet d'affiner le diagnostic, de mesurer l'efficacité d'un traitement ou de déterminer celui qui va produire le plus d'effet», répond le neurologue Didier Bouhassira. Si on découvre, par exemple, que le patient souffre d'une maladie neuropathique, on va lui prescrire des antidépresseurs ou des antiépileptiques plutôt que des antalgiques, qui n'ont aucun effet sur ce genre d'affections.

A l'inverse, ne pas traiter la douleur va avoir des effets négatifs pour la santé du patient. «Elle affecte le fonctionnement du système immunitaire et ralentit la guérison», précise Véronique de Goumoëns. De même, un mal aigu non soigné peut se transformer en

douleur chronique, beaucoup plus difficile à traiter. Auprès des séniors, une souffrance non dépistée précipitera leur perte d'autonomie et leur placement en EMS. Reste que la douleur est encore trop souvent négligée par les soignants. Il a fallu attendre le début des années 2000 pour qu'on commence vraiment à la mesurer et à la traiter. Au CHUV de Lausanne, l'introduction d'une échelle de la douleur auprès des patients non communicants ne date que de 2013.

Chez les personnes avec une déficience intellectuelle, la situation est pire encore. «Les soignants ne sont pas suffisamment formés pour repérer la douleur chez ces patients», note Séverine Lalive Raemy, qui a mis en place une formation centrée sur ce thème aux HUG à Genève. Elle cite le cas d'une femme souffrant de douleurs abdominales à qui l'on a administré des laxatifs durant plusieurs mois, alors qu'elle avait un cancer du côlon. ☹



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

OFS 5 | Collaborateurs | À l'heure actuelle, l'Office fédéral de la statistique compte 802 collaborateurs permanents, dont 68% détiennent un diplôme universitaire. Les femmes sont majoritaires au sein de l'institution (51%), tout comme les travailleurs à temps partiel (52%) et les francophones (53%).

Le maillon fort de la lutte cybersécuritaire

La cryptographie constitue un élément essentiel pour sécuriser les données informatiques. À la pointe du secteur figure l'entreprise genevoise ID Quantique.

TEXTE | *Thomas Dayer*

Pour beaucoup, les données représentent le pétrole du XXI^e siècle. Normal, donc, qu'il faille les protéger. Sensibles (numéros de comptes bancaires ou secrets technologiques), il faut éviter qu'elles ne puissent être subtilisées. Privées (échanges téléphoniques, SMS, mails), mieux vaut empêcher leur interception. Personnelles (informations d'identité, ou de login dans le cas d'un compte d'e-banking), on doit faire en sorte qu'elles ne puissent pas être usurpées. Coûteuses (argent dans le cas de transactions commerciales), il faut prévenir leur détournement. Cruciales (infrastructures critiques), il devient indispensable de déjouer leur prise de contrôle par des terroristes. Dans autant de cas, la cryptographie intervient afin d'assurer que les données ne puissent être reçues, ou consultées, que par certains destinataires bien précis.

Dans la chaîne cybersécuritaire, la cryptographie apparaît comme le maillon le plus solide. «Il s'agit de la noix la plus dure à casser», sourit Pascal Junod, professeur à la Haute Ecole d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud – HEIG-VD, qui, durant sa carrière, a notamment conçu des algorithmes cryptographiques pour le milieu industriel. Bruce Schneier, cryptologue américain renommé, décrit la sécurité

d'internet comme une course à l'armement, où l'assaillant détient généralement un avantage sur le défenseur. Généralement... car cela ne vaut pas pour la cryptographie. «Non seulement, la défense en cryptographie est plus facile que l'attaque. Mais elle est tellement plus facile que l'attaque en devient pratiquement impossible», écrit-il dans son ouvrage *Data and Goliath*.

C'est mathématique. Pour illustrer l'avantage du cryptage, Bruce Schneier rappelle l'importance d'un paramètre: la longueur de la clé de chiffrement, mais surtout, l'augmentation exponentielle de la difficulté à casser des clés de plus en plus longues. «Une clé de 64-bits pourrait nécessiter un jour à l'assaillant avant d'être cassée. Une clé de 65-bits nécessiterait deux jours au même assaillant. Une clé de 128-bits, qui nécessite seulement deux fois plus de travail qu'une clé de 64-bits au moment du cryptage, prendrait à l'assaillant 2^{64} fois plus de temps à casser, soit un million de milliards d'années.» C'est dire le fantastique potentiel de la cryptographie.

L'histoire du domaine remonte à des millénaires, certains considérant les hiéroglyphes comme en étant un exemple précoce puisqu'il

Inspirée de la légende du cheval de Troie, cette œuvre d'art réalisée par le collectif No, No, No, No, No, Yes a été exposée lors d'une conférence sur la cybersécurité à Tel Aviv. Elle est composée de centaines de composants d'ordinateurs et de téléphones portables infectés par des virus, manière d'illustrer les dangers du cyberspace.



était bel et bien nécessaire de les «déchiffrer». Toutefois, c'est sans doute la Mésopotamie qui, la première, accoucha d'une méthode qui attribuait un équivalent numérique aux noms selon un système cohérent. L'empereur romain Jules César également utilisait la cryptographie lorsque, pour envoyer un message secret, il remplaçait chaque lettre par un chiffre correspondant, selon une clé de chiffrement partagée. Les systèmes de chiffrement n'ont jamais cessé d'imprégner le milieu militaire. Dans le domaine civil, les premières applications de la cryptographie remontent aux années 1980, afin de sécuriser les systèmes de paiement bancaires. L'arrivée d'internet, puis des GSM, lui a donné un nouvel élan. Aujourd'hui, la voici omniprésente. Chaque personne l'utilise sans le savoir, sur internet où une grande partie du trafic est chiffré, ou sur son smartphone, où les communications le sont aussi.

Désormais c'est la cryptographie quantique, et même post-quantique, qui capte l'attention. Tandis que l'échange de données confidentielles, par un canal tel que l'internet, fait appel à des algorithmes de chiffrement asymétriques classiques, la cryptographie quantique vise non pas à simplement crypter un message, mais à

utiliser les lois de la physique quantique pour établir des protocoles qui permettent de distribuer une clé de chiffrement secrète entre deux interlocuteurs distants, en assurant la sécurité de la transmission. Ce sont les photons et leur polarisation qui, détectés (ou non) après leur passage à travers un filtre, permettent de faire naître des clés à la sûreté redoutable.

À Genève, une société s'est spécialisée dans la cryptographie quantique, dont les méthodes sont réputées inviolables: ID Quantique, fondée par Grégoire Ribordy. «Mes deux directeurs de thèse en physique appliquée à l'Université de Genève, les professeurs Gisin et Zbinden, nous avaient toujours encouragés à ne pas rester dans une tour d'ivoire, se souvient le physicien devenu directeur d'entreprise. Une fois mon doctorat obtenu, en 2001, j'ai émis le souhait de ne pas être enfermé dans un laboratoire. C'est alors que nous avons songé à créer une société de cryptographie.» Ainsi naît ID Quantique, une «spin-off» de l'Université de Genève. À l'époque, l'équipe était formée de quatre associés. Désormais, ils sont 50, dont la moitié au sein du département recherche & développement. Parmi eux, plusieurs ingénieurs issus des HES-SO.



la valeur à ce moment-là, cela pourrait représenter un problème.» Un autre problème auquel penser est l'usage de la cryptographie par des personnes de mauvaise volonté, comme des terroristes. Forcément, cette perspective pourrait poser de grands enjeux aux démocraties et à l'ordre établi.

«Les petites entreprises sont en avance sur les plus grandes en termes de protection de leurs infrastructures critiques», constate Jean-Roland Schuler, professeur à la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg - HEIA-FR.

Les «cyber enjeux» sont colossaux, non seulement pour les gouvernements et les militaires, mais aussi pour le milieu industriel et la protection des infrastructures critiques. «Trop souvent encore, nos interlocuteurs du milieu industriel pensent que leurs réseaux sont solides, alors que c'est faux, lance Jean-Roland Schuler, professeur à la Haute Ecole d'ingénierie et d'architecture de Fribourg – HEIA-FR. Nous faisons face à une résistance et, paradoxalement, ce sont les petites entreprises qui sont en avance sur les plus grandes en termes de protection. Or les conséquences d'une protection approximative pourraient être désastreuses. Imaginez que des hackers pénètrent dans le réseau d'EDF [Electricité de France], premier producteur et fournisseur d'électricité en France. Un blackout du réseau pourrait paralyser la nation tout entière. Ce serait catastrophique.» La science permet déjà d'injecter de mauvaises «trames» dans un réseau industriel, et de provoquer ainsi un blackout électrique.

Ce développement s'explique par le cercle vertueux entretenu avec l'Université, qui se concentre sur la recherche, tandis qu'ID Quantique (dont les principaux clients sont issus des milieux bancaires, financiers, militaires et gouvernementaux) se consacre au développement, au produit. Et puis il y a cette vision, unique en Suisse, presque au monde, focalisée non sur la cryptographie au sens large, mais sur la crypto quantique. «Essentiellement, il s'agit d'un chiffrement de données à la volée», résume Grégoire Ribordy. Un marché en plein essor. Ainsi, l'entreprise genevoise vient d'ouvrir un bureau à Londres et de conclure un important partenariat avec le géant coréen SK Telecom.

«La cybersécurité ressemble à une maison, reprend Pascal Junod. Que la cryptographie, qui représente en quelque sorte les murs porteurs, soit solide, c'est bien. Mais cela ne suffit pas.» La mathématique du cryptage est hébergée sur un ordinateur. Cet ordinateur sera relié à un réseau, et dirigé par une personne. Ce qui débouche sur une vulnérabilité. «Le maillon le plus faible de la chaîne cybersécuritaire, c'est l'homme.»

Le point d'interrogation réside dans la résistance qu'opposera la cryptographie au développement possible d'ordinateurs quantiques dont les capacités de calcul seront massivement augmentées. «Il n'est pas exclu que des données subtilisées et ne pouvant être décryptées aujourd'hui puissent l'être à l'avenir, grâce à ces nouveaux ordinateurs, admet Grégoire Ribordy. Évidemment, si ces données ont encore de

Compter le temps qui passe, mais comment?

Si nos ancêtres ont développé d'ingénieux moyens pour mesurer le temps, la recherche en la matière n'a cessé d'évoluer. Tour d'horizon de différentes méthodes, de leurs atouts et limites.

TEXTE | *Stéphanie de Roguin*

C'est au milieu du XX^e siècle qu'une découverte marque une «véritable révolution dans l'histoire des sciences et de la mesure du temps», explique Grégory Gardinetti, expert et historien en horlogerie à la Fondation de la Haute Horlogerie et enseignant à la HEAD-Genève. Après les cadrans solaires, bougies graduées et autres clepsydres de l'Antiquité, le XIII^e siècle voit l'apparition d'horloges mécaniques. Un premier bouleversement, car l'invention permet de donner à chaque heure la même durée. Puis, dans les années 1960-1970, l'horloge électrique, à quartz notamment, fait avancer d'un grand pas la précision des mesures. Mais le cristal connaît ses limites. C'est dans cette foulée que l'heure atomique apparaît.

d'une révolution de la Terre autour du Soleil n'est pas régulière. Pire, la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même ralentit, au point que l'International Earth Rotation and Reference System Service injecte, environ tous les 500 jours depuis 1972, une seconde «intercalaire». La dernière fut introduite le 31 décembre 2016, où, la seconde d'après 00:59:59, il était non pas 01:00:00, mais 00:59:60.

En 2013, la société britannique Hoptroff a commercialisé la première montre atomique de poche au monde.

De petits modèles à venir?

Cependant, la montre atomique ne se trouvera pas demain au poignet de tout un chacun. La société britannique Hoptroff a lancé le premier spécimen en 2013. Elle la commercialise aujourd'hui, mais le mouvement reste marginal. «Le commun des mortels n'en a aucune utilité. Dans notre vie de tous les jours, à part peut-être dans le sport, nous n'utilisons déjà pas tellement la seconde», relève Grégory Gardinetti.

La miniaturisation des horloges atomiques fait cependant partie du champ de recherche du Laboratoire Temps-fréquence, à l'Institut de physique de l'Université de Neuchâtel. «Nous parvenons à faire des modèles compacts, avec du rubidium à la place du césium, tenus dans des petites cellules en verre d'un ou deux centimètres de taille, expose le chercheur Christoph Affolderbach. Ces modèles sont naturellement moins précis, mais une fois calibrés, ils

Précision de l'atome

L'unité de temps est alors définie par la fréquence du rayonnement électromagnétique émis par un atome – de césium 133 – lors du passage d'un niveau d'énergie à un autre. «Cette fréquence est extrêmement stable», explique Noël Dimarcq, directeur de recherche au CNRS, physicien-métrologue au laboratoire SYRTE situé à l'Observatoire de Paris.

Cette découverte remet en cause les calculs des astronomes antiques: on réalise que la durée



La version complète de la revue est en vente sur le site www.revuehemispheres.com

peuvent servir de référence de fréquence.» De l'ordre de 2 à 3 litres de taille, ces spécimens sont prévus pour être embarqués à bord de satellites.

Des modèles encore plus petits se destinent à entrer dans la composition même de nos ordinateurs portables, téléphones et GPS. «Dans une grande ville où il y a peu de visibilité, ou à la montagne, nos récepteurs n'ont pas forcément accès à des satellites pour être synchronisés.»

Des systèmes de mesures alternatifs

D'autres méthodes de mesure de temps ont essaimé durant la fin du XX^e siècle. L'heure Unix, par exemple, calcule le nombre de secondes écoulées depuis le 1^{er} janvier 1970 jusqu'à l'événement à dater. Par exemple, le 13 mars 2017 à 20h52, il était 1489438322 en heure Unix. «Le temps Unix est utilisé par de nombreux systèmes informatiques basés sur la norme POSIX, tel Linux», avance Aurèle Aubert, de l'association SwissLinux. Ce temps spécifique n'est cependant pas utilisé directement par les humains et n'a jamais été pensé ainsi. Il est converti par le système dans un format facile à lire: calendrier grégorien et mode sexagésimal. Chaque système d'exploitation a d'ailleurs son langage propre, avec une norme temporelle sur laquelle il se base. «Il s'agit simplement d'un format plus facile à enregistrer en langage informatique.»

L'heure-internet, développée par l'horloger Swatch en 1998, participe d'une démarche un peu différente. Divisant la journée en 1000 «beats», chaque .beat équivalant à 1 minute et 26,4 secondes, Swatch pensait abolir l'idée de fuseaux horaires pour les utilisateurs d'internet. Un créneau horaire unique se fixait sur le BMT (Biel Mean Time), le groupe horloger ayant son siège à Bienne. L'heure se note avec un arobase et le nombre de .beats situé entre 0 et 1000. Par exemple, 5h57 du matin se note @248.

«Il y a eu un effet d'annonce, relate Grégory Gardinetti. On se trouvait à cette époque du boom d'internet. Mais le système était tout sauf pratique, il fallait utiliser un appareil de conversion.» Une idée intéressante sur le fond, mais qui bouleversait «notre habitude du



subconscient qui calcule en heures-minutes-secondes». L'historien rappelle qu'à la Révolution française avait été imposé en parallèle du nouveau calendrier un système décimal du temps. «C'était incompréhensible pour les gens, un casse-tête constant. Il fallait refaire tous les cadrans. La France était le seul pays au monde à utiliser ce système, cela a tenu moins de deux ans. Ne pas s'uniformiser fonctionne seulement si on vit en vase clos. Aujourd'hui, avec le commerce international, on est obligé d'avoir une base commune.»

Le temps du futur

La recherche dans le domaine semble inépuisable. Les scientifiques du XXI^e siècle continuent à affiner la précision des mesures: les besoins de synchronisation des réseaux de télécommunications, des systèmes de transactions bancaires à haute fréquence, des réseaux distribués d'énergie deviennent chaque jour plus exigeants, relève Noël Dimarçq.

En 2015, l'Institut fédéral de métrologie et l'Institut de physique de l'Université de Neuchâtel ont fini de développer une fontaine à atomes continue. Jugée comme l'une des plus précises au monde, elle ne varie pas d'une seconde en 15 milliards d'années. «Déjà dans les années 1990, des techniques ont été mises au point pour refroidir les atomes et ainsi

Antoine Jallageas, Laurent Devenoges et Michael Petersen font partie de l'équipe qui a développé l'horloge atomique la plus précise au monde. Elle est installée dans les laboratoires de l'Institut fédéral de métrologie.

permettre leur ralentissement, pour une meilleure observation», explique Christoph Affolterbach. La fontaine à atomes permet d'exploiter ce ralentissement pour la métrologie, et ainsi de toujours mieux définir la seconde. «C'est dans le domaine optique que les horloges atomiques sont les plus précises, complète Noël Dimarcq. On utilise le faisceau lumineux du laser, qui génère une onde électromagnétique allant jusqu'à 1015 battements par seconde.» Un résultat qui donne le vertige. Quelles en sont les applications concrètes? En plus de permettre la synchronisation du temps au niveau mondial, l'application la plus connue repose dans les systèmes de positionnement par satellite (GPS).

Des signaux qui viennent d'horloges atomiques dans les satellites permettent de calculer le temps et la distance de propagation du signal jusqu'au sol et donc la position absolue par triangulation. L'erreur n'est pas permise: un écart d'un milliardième de seconde peut conduire à une différence de 30 cm au sol. «Pour une utilisation en voiture, une telle erreur n'a pas beaucoup d'impact. Pour calculer la hauteur du niveau des mers, ou étudier le mouvement des plaques tectoniques et les séismes, la précision devient essentielle», poursuit le physicien-métrologue.

Toujours plus haut

Il est prévu qu'une horloge ultrastable soit installée sur la Station spatiale internationale en 2018. «Cela représente des retombées scientifiques potentielles fortes, s'enthousiasme Noël Dimarcq. Nous vivons un contexte très excitant où il reste encore beaucoup de choses à découvrir et à comprendre en physique.» Autre méthode de mesure, l'observation des pulsars. Cette étoile en fin de vie produit un signal lumineux allant de l'ordre de la milliseconde à quelques dizaines de secondes. «Le problème est qu'ils perdent de l'énergie, leur rotation se ralentit. Ils ne sont donc pas de très bonnes horloges, mais fonctionnent pendant des durées très longues.» Leur datation (sur une échelle de temps atomique très stable) permet par ailleurs d'étudier les phénomènes de perte d'énergie par ondes électromagnétiques et gravitationnelles, et ainsi de mieux comprendre et modéliser ces objets. ☾

Le compte à rebours: de la Nasa aux passages piétons

5, 4, 3, 2, 1... zéro! Le compte à rebours est aujourd'hui largement utilisé dans l'aérospatial, ou dans le sport, au début d'une course par exemple. Ce que l'on sait moins, c'est que ce concept a été inventé au cinéma. Alors qu'il tournait son film muet *Frau im Mond* dans les années 1920, le réalisateur allemand Fritz Lang l'introduisit avant la mise à feu de la fusée qui devait envoyer la première femme sur la Lune. L'effet sur les spectateurs a été tel que trente ans plus tard, la Nasa s'en est inspirée pour ses décollages.

Dans la gestion des flux urbains, de nombreuses villes du monde indiquent aux piétons le nombre de secondes restantes avant le passage au feu vert. Ce système permet d'assurer la sécurité des usagers les plus fragiles de la route, ainsi que de fluidifier la circulation, empêchant que des piétons ne restent sur la voie lors du départ des véhicules.

«En horlogerie, le compte à rebours ne constitue pas une complication très fréquente, expose Grégory Gardinetti, sauf dans les montres de régates.» Les départs des courses de voiliers se font effectivement en deux temps. Après un premier signal visuel (drapeaux), les équipiers ont cinq minutes pour atteindre une ligne de départ, sans la dépasser néanmoins, avec des exigences différentes en fonction des vents. La maison Rolex en propose par exemple un modèle. Le fabricant IWC a, quant à lui, développé une montre dont l'un des cadrans inclut les cycles de la lune, comprenant un décompte avant chaque prochaine pleine lune.



Le film allemand *Frau im Mond*, réalisé par Fritz Lang, a inauguré la tradition du compte à rebours accompagnant le lancement d'une fusée.

Le son mis en nombres

Avec l'avènement du numérique, la musique a connu une véritable révolution. Elle circule aujourd'hui en flux continu, comme l'eau ou l'électricité.

TEXTE | *Stéphanie de Roguin*

Entrer dans sa voiture, tourner la clé et écouter la musique diffusée instantanément via Bluetooth. S'allonger sur le canapé le soir venu, l'ordinateur sur la table basse et découvrir les derniers titres de Spotify. L'écoute de la musique n'a cessé d'évoluer au cours de ces dernières décennies. Du phonographe au baladeur, du disque en cire à la cassette compacte, de nombreuses innovations ont permis de gagner toujours plus en maniabilité et en qualité sonore.

Avant l'apparition du web, c'est avec le disque compact que la diffusion de musique numérique voit le jour. Puis l'essor de la toile dans les années 1990 révolutionne le monde musical. «N'importe qui peut désormais produire un disque chez lui, avec son ordinateur et un logiciel adapté», avance Ludovic Tournès, professeur ordinaire et responsable de l'unité d'histoire contemporaine à l'Université de Genève. La musique se diffuse également beaucoup plus facilement: aujourd'hui, un artiste peut se faire connaître sans passer par une maison de disques.

Coder la musique

Mais qu'est-ce au juste que numériser le son? «Si la réalité, comme nos cinq sens, représente l'analogique, alors le numérique est le codage, en chiffres et en lettres, de cette réalité», illustre Michel Basso, enseignant au Centre de forma-

tion aux métiers du son à Lausanne. Le point fort du numérique: offrir la possibilité d'éditer, de manipuler les sons, en opérant des copier-coller. «Un énorme bouleversement», résume le formateur des techniciens du son d'aujourd'hui.

Désormais, de plus en plus de compétences informatiques sont nécessaires pour maîtriser les logiciels de production musicale. «Nos étudiants arrivent pour la plupart avec de bonnes bases informatiques, mais nous devons leur apprendre le métier en tant que tel: accueillir le musicien, comprendre ses envies et besoins. Cet aspect reste très classique», expose le professeur. Savoir gérer un réseau, voilà l'aspect inédit de la profession, du fait de la délocalisation croissante de la production musicale: la finalisation d'un morceau réalisé entre Lausanne et New York, avec des échanges cryptés et protégés, ne relève plus de l'exception.

Des dégâts des compresseurs

Comme le numérique génère énormément d'informations, le défi consiste à les faire tenir sur un support, rentable et économiquement viable. Le format de compression MPEG-1/2 Audio Layer III, plus connu sous le nom de MP3, s'impose comme standard en 1995. «Une rupture nette s'est produite, par rapport

Musique numérisée

La numérisation a touché la production de musique avant sa diffusion.
Aperçu des étapes clés.



à la progression constante observée jusqu'alors dans l'amélioration de la qualité du son», relève Ludovic Tournès.

«À l'époque, on ne cherchait pas la meilleure qualité de son possible, mais sa gratuité et son interoperabilité, avec un flux à bas débit, rétorque Michel Basso. Des formats développés plus récemment, comme l'AAC, lancé par Apple, et plus tard le HE-AAC, se révèlent bien meilleurs.»

Avec le retour du vinyle – la section suisse de la Fédération internationale de l'industrie phonographique (IFPI) annonce que depuis 2012, ses ventes ont quadruplé pour atteindre 250'000 disques vinyles vendus l'an dernier – on peut se demander si la recherche de qualité sonore n'est pas cruellement au goût du jour. «Il existe un aspect *vintage* certainement, comme toutes ces modes qui vont et reviennent», expose Ludovic Tournès, qui précise que le vinyle demeure un marché de niche. Une niche qui a du sens, pour Michel Basso. «Il y a un côté culturel au son; sa qualité est d'une subjectivité totale, mais la texture sonore d'un vinyle reste intéressante.»

Point de rupture

L'IFPI Suisse a annoncé à la mi-mars 2017 le dépassement en termes de ventes du numérique (53%) par rapport aux supports physiques (47%), une première! Une croissance fortement stimulée par la diffusion en ligne, ou streaming, dont le chiffre d'affaires s'établit à 23 millions de francs – soit une progression annuelle de 50%. Il supplante aujourd'hui le marché généré par les téléchargements, en recul de 12%.

Même si elle perd en charme pour certains, la musique numérique offre néanmoins d'innombrables possibilités. «Le passage du hardware au software nous a fait gagner en portabilité et en économicité, relève Alessandro Ratoci, professeur de musique et responsable technique audio à la Haute Ecole de Musique de Lausanne - HEMU. En matière de pédagogie, un étudiant peut travailler de manière autonome avec un dispositif pour l'étude d'un répertoire à la maison.» À la HEMU, bon nombre des recherches

sont centrées sur la musique mixte, c'est-à-dire la combinaison d'instruments physiques et de sonorités électroniques, avec aujourd'hui des systèmes basés sur des algorithmes. «Maintenant que les défis techniques sont maîtrisés, on peut se concentrer sur la production musicale proprement dite.»

La musique automatique est utilisée quotidiennement, si l'on pense aux listes de lecture que les plateformes proposent en s'inspirant des goûts de l'auditeur. «L'étape suivante consiste à comparer la musique à l'électricité ou à l'eau: un flux continu», avance Michel Basso.

Vers plus de créativité?

Cependant, malgré l'apparente facilité avec laquelle chacun peut créer de la musique aujourd'hui, «un artiste reste un artiste, qui comprend ce que l'on peut faire avec une technologie», insiste Michel Basso. Selon l'expert, le groupe de rock suisse The Young Gods fait partie des premiers à avoir intégré une utilisation pertinente du sampler, avec des sonorités que la nature ne peut générer. La formation fribourgeoise a d'ailleurs récemment annoncé travailler sur des projets de morceaux en flux continu. «Il y a beaucoup à inventer face à notre façon très classique d'écouter de la musique, un morceau après l'autre.»

Après sa dématérialisation, la virtualisation de la musique commence aujourd'hui à prendre forme, «là où la synchronisation des médias et des contenus se fait au niveau planétaire». D'impressionnantes sources de données pourraient alors être générées, en termes de son, de composition ou d'interconnexion.

L'enjeu de l'avenir musical consiste probablement en l'utilisation des métadonnées. «C'est là où le potentiel se trouve. Cela va nous mener à l'automation, la mise en relation, la sémantique de la musique, mais il est encore difficile d'y voir clair», dit Michel Basso. Une nouvelle révolution s'annonce. 🎵



C'est en observant des forgerons travailler que le Grec Pythagore aurait défini les intervalles musicaux avec des proportions numériques: les marteaux des ouvriers émettaient différents sons lorsqu'ils frappaient un objet. Il a alors compris que le son variait de manière proportionnelle à leur poids. Il déclina sa découverte à d'autres éléments, comme les cordes qui vibrent différemment selon leur longueur ou tension. (Représentation du XV^e siècle).

La musique comme science des nombres au Moyen Âge

«L'enseignement de la musique dans les écoles au Moyen Âge suivait la théorie de Pythagore, explique Jean-Yves Haymoz, professeur au département de musique ancienne de la Haute école de musique de Genève (HEM-GE). Dès le VI^e av. J.-C., le philosophe grec concevait la musique comme une science, et la relation des sons entre eux était régie par des rapports numériques.» Pour lui, les proportions se trouvaient au cœur de tout, «elles étaient même vecteur de vérité», précise

le professeur. En prenant leur source dans la musique, elles permettaient de comprendre l'Univers et le Cosmos. «Les proportions étaient généralisées au monde entier, pour comprendre aussi la relation entre les étoiles, les humeurs ou les saisons», souligne Brenno Boccadoro, musicologue et professeur à l'Université de Genève.

Pythagore a ainsi défini des intervalles mélodiques (succession de deux sons), comme l'octave (rapport de 2/1), la quarte (rapport de 4/3) ou encore la quinte (3/2): il s'agit alors d'intervalles «purs» ou «consonants» car répondant à un rapport mathématique harmonieux, formé par les chiffres 1, 2, 3 ou 4. Additionnés, ces chiffres donnent le nombre 10, la tetraktys, très importante pour Pythagore.

Au Moyen Âge, la musique n'était d'ailleurs pas enseignée parmi les disciplines artistiques mais bien scientifiques. Car elle n'était pas vue comme un art du sensible, mais bien une science (de l'ordre de la raison). Les enfants l'apprenaient au même titre que l'arithmétique, la géométrie ou l'astronomie, les branches dites du *Quadrivium* (en latin, ensemble des quatre branches mathématiques).

Les compositeurs du Moyen Âge, tels que Guillaume de Machaut ou Guillaume Dufay – auteur du célèbre motet *Nuper rosarum flores* –, ont aussi structuré certaines de leurs œuvres avec des valeurs numériques et des jeux de proportions. «La composition numérique d'une pièce ne devait toutefois pas être perçue par les auditeurs», remarque Jean-Yves Haymoz. Les proportions pouvaient donc organiser un morceau, mais sur la partition seulement et non s'identifier à l'oreille. Pourquoi? «La musique du Moyen Âge, aux rythmes et chants complexes, était adressée à Dieu. Ainsi, l'intelligible primait par rapport à la perception sensible, explique Brenno Boccadoro, ce n'est que l'analyse harmonique qui devait laisser apprécier sa qualité ou beauté numérique.» CB

Deep learning, l'apprentissage par le nombre

Inspirés du cerveau humain, les systèmes informatiques sont aujourd'hui capables d'extraire une information et d'en déduire une décision grâce aux principes de l'apprentissage profond.

TEXTE | *Virginie Langerock*

En mars dernier, le Sud-Coréen Lee Sedol, meilleur joueur mondial de go, s'est fait battre à plate couture par Alpha Go. L'intelligence artificielle conçue par Google est devenue imbattable à ce jeu millénaire, très populaire en Extrême-Orient. Si la victoire en 1997 du programme Deep Blue d'IBM sur le champion d'échecs Gary Kasparov avait fait date, le go était considéré comme l'un des rares jeux dans lesquels l'homme dominait la machine, en raison du nombre de combinaisons possibles et des subtilités du jeu.

Derrière cette victoire de l'intelligence artificielle, c'est la vitesse prodigieuse de calcul des machines qui fait aujourd'hui la différence. «Depuis seulement cinq ou six ans, la puissance des ordinateurs alliée à la croissance exponentielle des données générées par internet ont fait exploser les capacités des machines, note Carlos Andrés Peña, professeur en intelligence artificielle et chercheur à la Haute Ecole d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud – HEIG-VD. Un développement illustré par l'essor d'applications grand public utilisant ces technologies: smartphones équipés de la reconnaissance vocale; boom des chatbots, ces services d'aide à la clientèle présents sur de nombreuses applications; ou encore applications photo de Facebook ou Google, capables d'identifier le contenu d'une image. Au lieu de traiter les informations une par une, la machine peut désormais les mettre

en réseau: c'est la technologie d'apprentissage en profondeur, qui bouleverse le domaine de l'intelligence artificielle.

Appétit sans bornes

«Imaginez que l'on doive traverser la rue: d'abord on regarde, ensuite on perçoit qu'une voiture arrive, ensuite on s'arrête et on calcule le risque: si la machine analyse ces informations une par une, on prend beaucoup de temps pour parvenir à la décision, dit Carlos Andrés Peña. Or, plus la machine a d'exemples, plus elle peut apprendre: elle est composée de milliers d'unités (comme des neurones) qui vont chacune effectuer des calculs simples.» En «avalant» des milliers d'images ou de situations, la première couche de neurones va intégrer les données reçues puis les comparer aux suivantes, et les combiner pour en extraire des informations de plus en plus complexes: c'est ce travail de mise en réseau entre plusieurs dizaines de couches de neurones, qui permet de parler d'apprentissage profond.

Un système de classification qui fonctionne un peu à la manière des neurones biologiques. Dès les années 1950, les informaticiens ont cherché à reproduire les fonctions du cerveau humain grâce aux ordinateurs. Ils pensaient alors que l'intelligence artificielle serait à même d'égaliser rapidement celle de l'homme. Mais la technologie ne suit pas. L'apprentissage profond

Les images ci-contre sont une représentation graphique résultant d'une équation mathématique sur les nombres complexes. La figure fractale reproduit la même forme après agrandissements successifs.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

refait surface dans les années 1980, mais la faible puissance des machines et le nombre limité de données freinent encore son développement. Jusqu'à son véritable essor dans les années 2010, rendu possible grâce à la puissance des ordinateurs actuels et la masse de données accessibles. En 2012, le système Google Brain, lancé par la société américaine, a pu découvrir le concept de chat, après avoir analysé dix millions de captures d'écran représentant cet animal. En somme, la machine est devenue capable d'apprendre de son expérience. Elle observe, trie, en déduit une solution.

Aide à la décision

Ce système d'apprentissage profond fait aujourd'hui l'objet de recherches tous azimuts. Son champ d'application est immense, et «ce n'est que le tout début», estime le chercheur de la HEIG-VD. Son rôle principal: apporter une aide à la décision. Le deep learning s'invite dans les villes, les banques, les cabinets d'avocats, les hôpitaux... Sur la base de milliers d'images médicales et données cliniques, la machine propose avec une infime marge d'erreur un soutien au diagnostic: «Il ne s'agit que de recommandations, par exemple les médecins conservent la prise de décision finale», précise Carlos Andrés Peña. Un super-assistant en consultation ou soins intensifs, comme le système Watson mis au point par IBM en 2006, que des centaines de médecins aux États-Unis, en Chine, et bientôt en Finlande utilisent déjà pour proposer des traitements ciblés.

En radiologie, Watson a su détecter sur des IRM des anomalies imperceptibles à l'œil humain. Un outil incroyablement efficace, capable de traiter 20 millions de pages de données médicales, études cliniques ou imageries en seulement trois secondes. Ces logiciels remplaceront-ils un jour les médecins? Non, estime Carlos Andrés Peña, d'autant plus «qu'on ne parvient pas encore à expliquer pourquoi la machine arrive à de telles conclusions». C'est justement une des questions qu'étudient les chercheurs à la HEIG-VD: «Nous essayons de comprendre comment se construisent les rapports entre les différentes informations reçues par la machine. Un spécialiste saura vous donner les raisons qui lui permettent d'aboutir à telle ou telle conclusion:

ce n'est pas le cas aujourd'hui pour ces systèmes de réseaux profonds.» Les grands groupes tech de la Silicon Valley, d'Asie et d'Europe sont aussi dans la course. «À partir du moment où les apprentissages profonds sortent des laboratoires de recherche pour s'intégrer à la vie courante, il est indispensable de créer des systèmes qui incluent une explication au choix qui a été donné, précise Carlos Andrés Peña. Prenons l'exemple d'une voiture autonome. En cas d'accident, l'utilisateur et l'assureur auront besoin de comprendre d'où est venue l'erreur et pourquoi elle s'est produite.» Au point que les fabricants devraient prochainement établir des directives pour un droit à l'explication sur ces machines prédictives, dont l'usage ne cesse de s'étendre.

Feux de circulation et voitures autonomes

Des villes comme Singapour et Montréal s'en servent déjà pour améliorer la vie quotidienne: modifier la circulation pour réduire la pollution, optimiser leurs dépenses énergétiques, la gestion de l'eau et des déchets. Les voitures autonomes (pour fournir un système de contrôle en temps réel), les cabinets d'avocats (qui y puisent des réponses aux milliers de cas de jurisprudence), les banques (pour détecter un comportement suspect sur internet et limiter la fraude financière), les entreprises de sécurité informatique (pour prévenir les cyberattaques) utilisent ces systèmes d'apprentissage profond. Ils servent aussi à effectuer du monitoring environnemental (suivi de la déforestation grâce aux images satellites) ou de la cartographie ultra-précise (Google Map). Pourtant, ces machines ne détrôneront pas de sitôt l'intelligence humaine. «Ces systèmes de neurones artificiels ne peuvent intervenir que dans un domaine spécialisé. S'ils peuvent effectuer des calculs à grande vitesse, prédire une solution et être fiables, ils n'ont pas accès à l'apprentissage généralisé, ils ne sont pas capables d'apprendre plusieurs choses à la fois, et s'ils n'ont pas des milliers de données à leur disposition, leurs apprentissages restent très limités, remarque Carlos Andrés Peña. À chaque fois que l'on avance, on se rend compte à quel point on est encore loin de l'intelligence naturelle.» ☞

Jeux de hasard: quand rien ne va plus

80'000 personnes souffrent en Suisse d'une addiction pathologique aux jeux d'argent. Des fausses croyances liées aux chiffres peuvent en être la cause.

TEXTE | *Melinda Marchese*

Avant de tenter sa chance devant une machine à sous, il faut se souvenir que ces appareils trichent puisqu'ils sont programmés de manière bien spécifique par les fabricants, explique Enrico Staderini, professeur en technologies biomédicales à la Haute Ecole d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud – HEIG-VD.

L'histoire de Stefan Mandel a fait le tour du monde: en 1992, ce mathématicien roumain a remporté près de 28 millions de dollars en jouant un maximum de combinaisons possibles au loto (7,1 millions au total). Après la création d'un algorithme lui permettant de n'oublier aucune association de chiffres, il s'attelle à trouver des financements pour acheter tous les tickets. Il s'entoure d'une équipe de 35 personnes et finit par valider dans les temps 5 millions de combinaisons – il avait donc 70% de chances de gagner le gros lot, mais 30% d'être ruiné. Si ce fait divers s'est terminé de manière positive pour l'ambitieux passionné de probabilités, il reste un cas isolé, tant le défi est complexe, coûteux et, selon les pays, illégal à entreprendre.

En misant sur les statistiques, de nombreux joueurs espèrent pourtant, eux aussi, gagner le gros lot à la roulette, aux machines à sous et autre black jack. Certains finissent par développer une dépendance pathologique à ces jeux d'argent. «Les calculs faits par la plupart des joueurs



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

excessifs ne sont pas basés sur des réflexions très sophistiquées, mais sur de fausses croyances ou une précédente expérience gagnante qu'ils tentent de reproduire, constate Niels Weber, chargé de prévention au sein du centre de prévention du jeu excessif «Rien ne va plus» à Genève. Ils peuvent être persuadés que l'heure («jouer entre 13h02 et 13h04 augmentent mes chances de gagner») ou que le nombre de fois qu'ils appuient sur un bouton va les mener à la victoire.»

D'autres s'obstinent à miser sur des combinaisons fétiches (dates de naissance par exemple) ou des chiffres qui ont, une fois, engendré un gain. «Les joueurs communiquent beaucoup entre eux, constate Niels Weber. Ils échangent ce qu'ils pensent être de bonnes stratégies.»

Un coût social élevé

Avec la plus forte densité en casinos de toute l'Europe, la Suisse est particulièrement concernée par la problématique du jeu excessif. 2,75 milliards de francs ont été déboursés dans les jeux de loterie et de paris en 2015 sur le territoire helvétique. Parmi les milliers d'adeptes, 80'000 souffrent d'une addiction qui nécessite une prise en charge médicale. Leur pratique du jeu, récurrente et incontrôlable, les expose à de multiples risques en matière de santé psychique



Sorte de croisement entre le flipper et une machine à sous, le pachinko est un jeu très populaire au Japon.

Des employées de la Poste allemande trient des bulletins de loterie à Hambourg dans les années 1960.

et physique (agitation, transpiration excessive, maux d'estomac), ainsi qu'à des difficultés sociales et financières (isolement, endettement). Le coût social lié à cette dépendance est estimé à plus de 600 millions de francs par an, selon une étude menée par l'Institut de recherches économiques – Université de Neuchâtel et du Centre du jeu excessif.

Pourquoi la plupart des adeptes persistent-ils à miser sur les mêmes chiffres? «Les concepteurs de ces jeux s'appuient sur des mécanismes psychologiques pour alimenter, voire renforcer, une dépendance, assure Jean-Félix Savary, secrétaire général du Groupement romand d'études des addictions (GREA). Par exemple, la machine va régulièrement faire croire au joueur qu'il est très proche de la victoire, ce qui va le pousser à s'accrocher à ses convictions; il va donc continuer à jouer. Ce type de manipulation est d'autant plus efficace chez les personnes fragiles psychologiquement.»

Toujours plus en vogue, les jeux d'argent en ligne – outre le fait d'être disponibles 24 heures sur 24 depuis son domicile – disposent d'armes supplémentaires pour encourager une personne à jouer. «L'internaute doit créer un profil lors de son inscription, puis tous ses faits et gestes sont enregistrés, poursuit Jean-Félix Savary. Le concepteur connaît donc par cœur les habitudes du joueur. Il va lui envoyer des publicités ciblées selon ses goûts et des offres valables aux heures où il le sait prêt à miser.»

Les maths pour prévenir l'addiction

Pour soigner une telle addiction, les spécialistes interrogés sont unanimes: il faut aider le patient à démanteler les fausses croyances qu'il s'est forgées. «Dire à un patient qu'une théorie est absurde ou infondée ne mène à rien, précise le psychologue Niels Weber. Nous faisons avec lui le chemin inverse pour que lui-même parvienne à comprendre pourquoi et comment il s'est réfugié dans le jeu.»

C'est d'ailleurs en donnant des cours de probabilités qu'une équipe de l'École polytechnique de Milan vise à prévenir l'addiction chez les jeunes. «Les jeux dits «de hasard» sont populaires parce que les gens ont des lacunes en

mathématiques, constate Nicola Parolini, l'un des fondateurs du projet «BetonMath». En expliquant certaines bases à travers des exercices fournis aux enseignants dans les écoles, et un MOOC disponible à tous (betonmath.polimi.it), nous voulons faire comprendre par A+B que gagner une grosse somme est extrêmement improbable, d'une part, et que jouer sur le long terme mène forcément à la perte de son argent, d'autre part.»

Enrico Staderini, professeur en technologies biomédicales à la Haute Ecole d'ingénierie et de gestion du Canton de Vaud – HEIG-VD, estime aussi que la notion de «hasard» doit être redéfinie. «Toutes les machines régies par un système électronique ne proposent absolument pas des jeux basés sur le hasard, il ne s'agit pas d'un «duel» d'égal à égal! Tous ces appareils trichent puisqu'ils sont programmés de manière bien spécifique par les fabricants: ils redistribueront toujours moins que ce qu'ils encaissent.» Comme dans tout type de business, les propriétaires veulent forcément en retirer un bénéfice. «Un casino, un bistrot ou autre salle de jeux n'a aucun intérêt à proposer un service qui lui fait perdre de l'argent.»

En Suisse, une loi stipule que toute machine doit obligatoirement redistribuer une partie de l'argent encaissé. «À priori cette condition semble favorable aux joueurs, puisqu'elle empêche le propriétaire de garder la totalité de l'argent, souligne Enrico Staderini. En réalité, elle alimente la dépendance au jeu de nombreuses personnes, qui surveillent de très près une machine, parfois pendant des jours, en sachant qu'à un moment ou à un autre elle doit faire gagner le joueur.»

Un cercle vicieux psychologique, mais également politique, puisque les sommes perdues par les joueurs financent d'autres projets d'utilité publique: la Loterie romande reverse son bénéfice (près de 400 millions de francs par année) à des associations, et en investit une partie dans la prévention du jeu excessif. Quant à la Confédération, elle reverse les recettes annuelles de l'impôt sur les maisons de jeux (également quelques 400 millions) à l'AVS. La roulette n'a pas fini de tourner. ☹

OFIS 6 Thématiques À côté du recensement fédéral, l'Office fédéral de la statistique réalise des enquêtes regroupées dans 21 domaines différents, allant de l'agriculture à la situation de la population, en passant par la santé ou la mobilité.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Bibliographie

Enseignement

Le sens des nombres: mesures, valeurs et indormations chiffrées: une approche historique,
Bernard A., Chambon G., Erhardt C.,
Vuibert, ADAPT-SNES, 2010

Cryptographie

Data and Goliath: The Hidden Battles to Collect Your Data and Control Your World,
Schneier B., W. W. Norton & Company,
2016

Essais

Quand le monde s'est fait nombre,
Rey O., Stock, 2016
La Gouvernance par les nombres,
Supiot A., Fayard, 2015

Histoire

Du zéro à la virgule: Les chiffres arabes à la conquête de l'Europe 1143-1585,
Schärlig A., PPUR, 2010

Littérature

Alice's Adventures in Wonderland,
Carroll L., Sterling Unabridged
Classics, 2005

La Leçon,
Ionesco E., Gallimard, 1994

Mathématiques

Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid,
Hofstadter D., Basic Books, 1979

Mathématiques: Un dépaysement soudain,
Cassé M., Chandès H., Bourguignon
J-P., Fondation Cartier pour l'art
contemporain, 2011

Les Maths au tribunal. Quand les erreurs de calcul font les erreurs judiciaires,
Colmez C., Schneps L., Le Seuil, 2015

Nombre d'or

Le nombre d'or: Radiographie d'un mythe suivi de La Divine Proportion,
Neveux M, Points, 2014

Viaggio matematico nell'arte e nell'architettura,
Sala N., Cappellato, G.,
Franco Angeli, 2012

Le Nombre d'or: Rites et rythmes pythagoriciens dans le développement de la civilisation occidentale,
Ghyka M., Gallimard, 1976

Statistiques

Statactivisme,
Bruno I., Didier E., Prévieux J.,
Zones, 2014

Couverture: Ben F. Laposky,
avec l'autorisation du Sanford Museum
and Planetarium, Cherokee, IA USA
Rabat gauche: Coll. Archives Larbor
Rabat droit: Jérôme Tabet

- p. 4 Fotolia
Maurits Cornelis Escher
- p. 5 Linda Pollari
- p. 6 Guillaume Perret / Lundi13
Léonard de Vinci, Netflix
Niels Ackermann / Lundi13
- p. 9 Dezeen
- p. 10 Studio Banana
- p. 11 DR
- p. 12 DR
- p. 13 DR
- p. 14 Adriano Machado / Reuters
- p. 15 DR
- p. 19 DR
- p. 21 Dibo el Dibo
- p. 23 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 25 Netflix
- p. 27 Thierry Parel
- p. 29 Thierry Parel
- p. 30 Otto Neurath
- p. 31 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 32 le Corbusier
- p. 33 Fabio Gervasoni
Mohamed El-shahed / AFP
- p. 34 Michigan State Historic
Preservation Office
- p. 35 Zaha Hadid Architects

ICONOGRAPHIE

- p. 37 Marie-Lan Nguyen
- p. 38 Thierry Parel
- p. 39 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 40 Guillaume Perret / Lundi13
- p. 41 Guillaume Perret / Lundi13
- p. 42 Guillaume Perret / Lundi13
- p. 43 Guillaume Perret / Lundi13
- p. 46 Thierry Parel
- p. 49 Jérôme Tabet
- p. 50 Thierry Parel
- p. 51 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 53 Thierry Parel
- p. 57 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 59 Jack Guez / AFP
- p. 60 Thierry Parel
- p. 61 DR
- p. 62 Pierre-William Henry
- p. 63 DR
- p. 67 Theorica Musicae, Franchinus
Gaffurius, 1492
- p. 69 Wolfgang Beyer
- p. 71 Thierry Parel
- p. 72 Wendy Connott / Robert Harding
Premium, Siegfried Pilz / United
archives / Keystone
- p. 74 Niels Ackermann / Lundi13
- p. 76 DR, bygabee.com, Thierry Parel

Erik Freudenreich

Journaliste chez LargeNetwork, Erik Freudenreich a dirigé la réalisation éditoriale de ce numéro consacré aux chiffres et aux nombres. Une tâche qui l'a amené à s'interroger à leur emprise sur nos vies. Il a par ailleurs réalisé le grand entretien avec le chercheur Grégory Chambon.

Page 18

Sébastien Fourtouill

Graphiste indépendant basé à Genève, Sébastien Fourtouill a participé à la réalisation graphique de ce numéro d'*Hémisphères*. Pour lui, les chiffres représentent «des symboles à priori abstraits qui peuvent avoir des significations concrètes, comme la mesure du temps selon laquelle nous structurons notre vie».

Stéphanie de Roguin

Stéphanie de Roguin a contribué à ce numéro avec des articles sur la mesure du temps, «cette question si fondamentale qui m'a fascinée», ainsi que sur la numérisation du son. «Les chiffres nous entourent, dictent notre quotidien. Pourtant nous nous questionnons rarement sur leur origine et finalement leur raison d'être.»

Page 61

Laurent Perrin

Ce jeune journaliste, habituellement porté sur les questions d'architecture et de cultures urbaines, a écrit l'article sur le trac et la réalité virtuelle. Son univers est en grande partie numérique, donc une suite de 0 et de 1. Mais pour cet amoureux des arts et des technologies, ce qui prime toujours, derrière l'écran, c'est bien l'humain.

Page 85

CONTRIBUTIONS

Benoît Antille

Chercheur et responsable de projet à l'Ecole cantonale d'art du Valais (ECAV), Benoît Antille a dirigé le projet Creative Villages présenté dans ce numéro. Lancé l'été dernier à Leytron (VS), ce programme propose de réfléchir, avec un regard critique, aux liens entre l'art contemporain, l'économie creative et le territoire rural. «Des expositions, des concerts, des ateliers, des débats, des conférences ont été organisés, détaille Benoît Antille. Dans l'ancienne église, mais aussi en plein air, dans des buvettes et des cafés du village.»

Page 92

Séverine Lalive Raemy

Identifier, mesurer et traiter adéquatement la douleur chez les personnes en situation de handicap constituent encore un véritable défi pour les soignants. Particulièrement si la personne ne peut pas s'exprimer verbalement. Infirmière et chargée d'enseignement à la Haute école de santé Genève, Séverine Lalive Raemy a mis en place des formations pour sensibiliser soignants, étudiants infirmiers et professionnels socio-éducatifs aux besoins spécifiques de ces patients vulnérables.

Page 52



Roger Hilfiker

Les adeptes du «moi quantifié» emploient des objets connectés ou des applications qui mesurent leur activité physique pour optimiser leur vie quotidienne. Mais cette pratique suscite aussi l'intérêt des professionnels de la santé. Chercheur dans le domaine de la physiothérapie à la Haute Ecole de Santé de la HES-SO Valais-Wallis, Roger Hilfiker adapte le traitement de ses patients après avoir analysé la stabilité de leur marche à l'aide de capteurs connectés.

Page 44

Pascale Voirin

Les mathématiques constituent un des piliers de la sélection scolaire et un élément essentiel pour structurer l'esprit. Mais bon nombre d'élèves sont angoissés par cette discipline. Professeure de mathématiques et statistique à la Haute Ecole d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg (HEIA-FR), Pascale Voirin a l'ambition de motiver ses étudiants en employant des exemples concrets lors de ses cours.

Page 36

Actualités HES-SO

SOMMAIRE

ÉCONOMIE

79 | Les promesses de la blockchain

TRAVAIL SOCIAL

82 | Les immigrés nord-africains dérangent

MUSIQUE

85 | La réalité virtuelle au secours du musicien

INGÉNIERIE

89 | Le tourisme en version scénarisée et interactive

DESIGN

92 | L'art contemporain au milieu du village

SANTÉ

96 | L'alcool, ce compagnon de retraite

Les promesses de la blockchain

ÉCONOMIE

Sorte de registre des transactions numériques, la blockchain est une technologie réputée sûre et infalsifiable. Apparue avec le bitcoin, elle risque de révolutionner le monde bien au-delà du domaine financier.

TEXTE | William Türler

Transférer de l'argent de manière instantanée et à moindres frais, certifier l'authenticité de documents dématérialisés ou encore garantir l'infailibilité d'une votation électronique: voilà quelques-unes des applications promises par l'essor de la blockchain.

Développée dans les années 2000, cette technologie peut être décrite comme une base de données distribuée. Elle propose une infrastructure décentralisée, permettant de distribuer le contenu de transactions ordonnées et marquées temporellement. Les contenus qui y sont archivés sont distribués sur un réseau peer-to-peer, c'est-à-dire un réseau où chaque client est aussi un serveur. La première innovation visible apparaît avec la monnaie cryptographique bitcoin en 2008. Aujourd'hui, bien d'autres applications sont envisagées notamment dans la santé et la finance.

Pour Patrick Ruch, responsable de la filière Information documentaire à la Haute école de gestion HEG – Genève, l'intérêt majeur de la blockchain est la sécurité et le gain de confiance qu'elle offre à ses utilisateurs. «C'est moins falsifiable qu'une signature par exemple et cela ne peut pas se perdre.» Par ailleurs, n'importe quelle transaction consignée dans la blockchain est stockée indéfiniment. Une caractéristique qui ouvre la voie à de nombreuses applications. «Pour la santé, cela permet de

conserver la trace d'un consentement d'un patient à partager ses données, souligne Patrick Ruch. Symétriquement, on peut sauvegarder une révocation du partage. Il est donc possible d'implémenter des consentements dynamiques sans risque de falsification.»

Le professeur et son équipe explorent cet aspect dans le cadre du projet My Health - My Data, financé par le programme Horizon 2020 de la Commission européenne, et qui arrive à point nommé dans le calendrier législatif helvétique. Le consentement général pour les données de la recherche clinique et la loi sur la protection des données personnelles sont actuellement en cours de révision. Dans ce contexte, le projet souhaite évaluer la faisabilité de technologies telles que la blockchain au niveau européen pour la recherche clinique. «Pour la finance, l'usage est le même, ajoute Patrick Ruch. On peut garder la trace d'une transaction financière, foncière, ou n'importe quelle prestation de service.»

Suppression des intermédiaires

«Au-delà des différentes technologies qu'elle peut mobiliser, ce sont les propriétés de la blockchain qui sont intéressantes et susceptibles de révolutionner le fonctionnement de l'économie: transparence, consensus, traçabilité et immutabilité, souligne Nathalie Brender, professeure en économie d'entreprise à



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Contrairement aux réseaux centralisés, les registres distribués ne nécessitent pas d'autorités centrales pour certifier ou valider les échanges réalisés entre les membres du réseau. La certification est assurée par chaque machine faisant partie de la blockchain.

Transparence, consensus, traçabilité et immutabilité: selon l'experte Nathalie Brender, les propriétés de la blockchain sont susceptibles de révolutionner le fonctionnement de l'économie.

la HEG Genève. Les applications sont pertinentes dans toutes les activités pour lesquelles ces caractéristiques sont importantes, voire essentielles.» La chercheuse remarque que les applications concrètes se développent désormais au-delà de la finance et du bitcoin, dans le domaine des assurances, du transport et de la santé, ainsi que dans les activités impliquant des autorités gouvernementales et administratives.



HEMISPHÈRES

«Les propriétés de la blockchain rendent la présence d'intermédiaires superflue et transforment les modèles d'affaires, ajoute Nathalie Brender. La traçabilité, la transparence et la possibilité d'inclure des règles et procédures de contrôle directement dans la blockchain modifient significativement la production d'information, et par conséquent les activités d'audit, de contrôle et de gestion de la conformité (*compliance*) qui y sont attachées. Ainsi, certaines activités de contrôle et d'audit pourraient devenir obsolètes, voire même disparaître dans quelques années. Ces métiers peuvent donc s'attendre à vivre des mutations considérables.»

Des systèmes commercialement actifs

Cofondateur de la société neuchâteloise Bity, active dans la transaction de bitcoins et d'ethers, Alexis Roussel compte aujourd'hui 15'000 utilisateurs, principalement basés en Europe. Ces derniers utilisent sa plateforme pour acheter ou vendre l'une ou l'autre de ces monnaies cryptographiques, spéculer, épargner, acheter des articles sur le net et même investir dans des projets de fintech. «En dehors de ces deux systèmes commercialement actifs, on se trouve aujourd'hui en matière de blockchain dans la fantaisie pure, souligne l'entrepreneur. Un projet dit blockchain qui n'accepte pas que ses jetons aient de la valeur et puissent s'échanger, qui n'est pas ouvert, reste une simple base de données.»

Une généralisation de cette technologie dans des domaines aussi variés que la finance, la santé ou la propriété intellectuelle reste selon lui envisageable, mais uniquement à travers des applications telles que l'ether ou le bitcoin: «Ces monnaies peuvent être vues comme du cash électronique. Elles ont l'avantage d'être transparentes et disponibles 24h/24. En revanche, il est vrai que ces marchés doivent encore progresser en termes de maturité. Aujourd'hui, les interfaces demeurent encore peu accessibles à Monsieur et Madame Tout-le-monde.»

Afin d'étudier les impacts de cette technologie dans ces secteurs, la professeure a récemment obtenu un fonds de recherche de la HES-SO. Par la conduite d'entretiens d'auditeurs et l'animation d'un groupe de discussion d'experts, l'objectif est d'identifier les processus les plus susceptibles de fonctionner sur une blockchain et les impacts potentiels que cela pourrait avoir sur les activités d'audit effectuées dans le but de certifier les comptes d'une organisation. ◀

«Les personnes issues de l'immigration nord-africaine dérangeant»

TRAVAIL SOCIAL

Les stéréotypes à l'égard des migrants de deuxième génération originaires des pays du Maghreb sont tellement ancrés qu'ils finissent par être intériorisés, montre une recherche réalisée en milieu carcéral dans le cadre d'un Master HES-SO en travail social.

TEXTE | Benjamin Keller

Violents, fanatiques: la perception des migrants maghrébins est souvent très négative. Ils cumulent la double tare d'être à la fois d'origine étrangère et de pays musulmans. Intervenante socio-éducative au sein des Établissements pénitentiaires de la plaine de l'Orbe (EPO), dans le canton de Vaud, Prisca Herzog a voulu savoir comment des jeunes détenus issus de l'immigration nord-africaine – sur qui pèse une tare supplémentaire, celle de la délinquance – ressentent les propos tenus à leur égard en Suisse, qu'il s'agisse de discours d'origine publique, politique ou médiatique. Elle a mené une recherche dans le cadre de son mémoire de Master en travail social à la HES-SO Lausanne, accompli en emploi l'an dernier. Interview.

Pourquoi cette recherche?

J'ai toujours été sensible aux problématiques liées aux différences culturelles. J'essaie le plus possible de prendre de la distance par rapport à ces questions. L'autre, peut-être que c'est nous. Dans le cadre de ma pratique professionnelle, j'ai remarqué que les ressortissants d'origine nord-africaine dérangeaient, questionnaient et faisaient davantage l'objet de débats que les autres, en raison notamment de leur religion. L'incompréhension à leur égard et la peur de l'inconnu sont nourries par l'actualité. L'empreinte du colonialisme joue également un rôle.

Comment avez-vous travaillé?

J'ai mené des entretiens avec cinq immigrés de deuxième génération âgés de 18 à 35 ans incarcérés aux EPO, dont les parents sont originaires de pays nord-africains. Les interviews ont été conduites au sein de la prison.

Dans votre recherche, vous expliquez que les détenus interrogés ont intériorisé les préjugés dont ils font l'objet. De quelle manière cela se traduit-il?

Plusieurs d'entre eux m'ont par exemple parlé très spontanément du délit de faciès. Et ce qui est intéressant, c'est qu'ils le mettent d'abord



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

C'est aux Établissements de la plaine de l'Orbe que cinq jeunes détenus issus de l'immigration nord-africaine ont été interrogés sur leur rapport aux discours publics ou politiques tenus à leur égard.

sur le compte de leur couleur de peau, avant de l'attribuer plutôt au fait qu'ils étaient déjà délinquants récidivistes. Quelqu'un qui a reçu des coups de la part d'un policier m'a aussi dit que peut-être que c'était normal, parce qu'il lui avait manqué de respect. Un autre a fini par s'habituer au fait d'être traité de «bougnoles» à l'école. Ces comportements font tellement partie de leur quotidien qu'ils finissent par ne plus y prêter attention.

Donc non seulement les stéréotypes sont intériorisés, mais la discrimination est excusée?

Tout à fait. À chaque fois que les détenus décrivent un événement vécu comme étant stigmatisant, ils se reprennent derrière et tentent de le justifier. Je pense qu'essayer de trouver des excuses aux autres est une façon de mieux vivre avec. Cela permet d'y donner un sens et de relativiser un petit peu.

Le fait d'avoir interrogé des détenus, donc des personnes qui ont commis des délits, n'engendre-t-il pas un biais de départ pour la recherche?

Ce n'est pas parce que l'on a un parcours de délinquant que l'on doit être maltraité ou subir des stéréotypes. De toute façon, les préjugés leur collent à la peau indépendamment du fait qu'ils aient commis un quelconque délit.

A-t-il été compliqué de mener les entretiens au sein de la prison, sur votre lieu de travail?

Cela a nécessité quelques acrobaties. Durant les interviews, j'ai dû convaincre les détenus de ne pas tenir compte de mon statut d'intervenante socio-éducative, mais uniquement de mon statut de chercheuse. De mon côté, j'ai dû leur garantir que les informations échangées ne seraient pas relayées aux autorités. Pour assurer cette confidentialité, il a fallu signer des autorisations.

Avez-vous été confrontée à des cas de conscience?

L'un des détenus avait été condamné pour une affaire et était en attente de jugement pour une autre. Dans le cadre des entretiens, il a dévoilé énormément d'informations en lien avec l'affaire

en instruction. Or en tant qu'employés du service pénitentiaire, nous n'avons pas le droit de parler des affaires en cours. Il a été difficile de continuer le suivi avec cette personne en gardant tout pour moi. Concrètement, je faisais comme si je ne savais rien.

Cette recherche a-t-elle changé votre manière de travailler?

Pas directement. En revanche, je me suis rendu compte de tout ce que les détenus ne disent pas lorsqu'ils s'adressent uniquement à l'intervenante socio-éducative. On a beau construire une relation avec eux sur la durée, tenter d'établir des liens de confiance, au final ce n'est jamais complètement authentique. La recherche m'a permis de voir mon travail sous une nouvelle perspective.

Comment cette étude a-t-elle été reçue au sein de la prison?

Peu de mes collègues étaient au courant, mis à part les assistants sociaux. Et je pense que peu l'ont réellement lue. Une partie de la direction des EPO l'a toutefois consultée en intégralité. Entre assistants sociaux, les résultats ont suscité un petit débat. Nous avons discuté du fait que les stigmates des détenus issus de l'immigration nord-africaine ont peut-être teinté tel ou tel choix de vie et qu'il fallait en tenir compte dans les projets que l'on conduit avec eux. Mais ce n'est pas allé beaucoup plus loin. J'ai surtout fait ce travail pour moi. Il m'a fait réaliser que le travail social peut s'effectuer différemment qu'uniquement sur le terrain et que mêler théorie et pratique constitue une approche intéressante. ☺

La réalité virtuelle au secours du musicien

MUSIQUE

Peur panique, tremblements, envie de vomir ou de quitter la salle... le trac n'est pas une légende. Le projet vCool l'étudie dans des situations simulées.

TEXTE | Laurent Perrin



Le chercheur Marc-André Rappaz veut utiliser la réalité virtuelle pour limiter l'usage de palliatifs toxiques par les artistes souffrant du trac.

HÉRIÉ ANHEU

L'artiste entre en piste. Le rideau s'ouvre sur un public venu nombreux pour assister à son concerto. Il est saisi d'un moment de doute. Ses jambes tremblent, sa gorge se serre et son cœur s'emballe: c'est le trac... Cette scène, familière pour plus d'un virtuose, se déroule cependant dans la cage de 4 m³ du projet vCool, dont les murs-écrans projettent les images d'un public ou d'un jury. Équipé de lunettes 3D et d'une combinaison parsemée

de petites boules semblables à des smarties, le musicien exécute sa pièce, dans les conditions du réel.

Si le projet de recherche n'en est qu'à ses débuts, les premiers résultats s'avèrent prometteurs. «Cela marche vraiment, s'étonne encore **Marc-André Rappaz**, professeur d'analyse et d'harmonie à la Haute école de musique de Genève – HEM et responsable de vCool.



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

«C'est comme au cinéma, vous avez peur, vous êtes triste, alors que vous savez très bien que ce sont des acteurs.»

Le chercheur a lancé ce projet pour limiter l'utilisation de palliatifs toxiques: drogues, alcool, médicaments, bêtabloquants et autres antistress. «Tous les artistes ont le trac, c'est normal. Sarah Bernhardt disait que cela va avec le talent. Mais il y a des musiciens qui en souffrent vraiment, qui ne pourraient pas exercer leur métier s'ils n'avaient pas des stratégies de compensation.»

Traditionnellement, le travail sur l'anxiété de la performance musicale (APM) – le trac – se fait par des jeux de rôles. On demande à ses amis de jouer les jurés, ou l'on joue devant un rideau, et un psychologue supervise le tout. «La réalité virtuelle nous offre des conditions intéressantes parce qu'on peut changer la taille de la salle en moins de dix secondes, dans des situations variables bien plus rapidement», précise Marc-André Rappaz. Un public attentif, ou qui trépigne voire quitte la salle, influencera forcément le musicien. Et c'est ce que vCool veut observer, pour en tirer les leçons qui l'aideront à évoluer.

Comme au cinéma

«Le projet a commencé par toute une série de questionnaires. Quand on a demandé aux étudiants ce qui leur faisait peur, on a eu des réponses très variables», note le professeur. Les raisons de l'anxiété sont très différentes d'une personne à l'autre. «Il y en a pour qui l'angoisse naît d'une salle ennuyée, d'autres d'une salle bruyante ou d'une salle vide», précise Donald Glowinski, chercheur à l'Université de Genève et coresponsable scientifique sur le projet avec Didier Grandjean. Il fallait donc pouvoir observer tout cela, et quoi de mieux ici que la réalité virtuelle?



La cabine de réalité virtuelle du projet vCool de la HEM Genève se compose d'une cage de 4 m³ équipée de murs-écrans.

Une série de capteurs physiologiques mesure les mouvements du regard et du corps, tout en prenant le pouls de l'artiste. L'un des résultats les plus marquants, c'est le rapport au public, bien plus important qu'on ne le pensait. «Si une personne dans la salle est dans le champ de vision du musicien et qu'elle exprime quelque chose de l'ordre du désagréable, la réaction est perceptible sur le corps du musicien», note le professeur. Même le mieux préparés des professionnels sera sensible aux réactions de son audience. Pour Florence Malgoire, professeure de violon baroque à la HEM Genève qui participe au projet, «il y a dans les concerts un rapport au jugement. C'est un moment particulier où l'on est à nu».

2017 marque la première année de test du projet à la HEM Genève, précise Marc-André Rappaz. Qui se prend à rêver du futur. «Peut-être que dans dix ans tout le cinéma sera en 3D, et que toutes nos lunettes seront équipées de réalité augmentée.» Ce qui pour lui est à entreprendre maintenant, ce sont les tenants et aboutissants que nous offrent ces technologies. Pour être prêt à apporter des réponses lorsque les financements seront là. Et à rêver le futur en trois dimensions. 🎧

TROIS QUESTIONS À

Rodolphe Oppenheimer

Le psychanalyste français a recours à la réalité virtuelle pour soigner ses patients souffrant de grandes phobies (peur du vide, agoraphobie, peur des insectes). Une technique qui lui permet d'accompagner ses patients là où il ne pourrait se rendre physiquement, typiquement dans un avion ou une rame de métro.

Dans quels cas utilisez-vous la réalité virtuelle?

Cela se fait extrêmement graduellement. Quelqu'un qui a une phobie n'y sera pas forcément réceptif. Telle qu'on l'utilise, en tant que professionnel de santé,

c'est pour accompagner les TCC (thérapies comportementales et cognitives). L'idée est d'aller sur le terrain pour désensibiliser les patients grâce à des techniques. On ne va pas les terroriser dès la première séance.

Avez-vous eu l'occasion d'y recourir pour traiter le trac du musicien?

Non, mais je sais que des sportifs l'utilisent. La réalité virtuelle n'est qu'un outil dans le cadre des thérapies comportementales. Un outil supplétif pour mieux comprendre, pour aller plus loin. Le casque sans méthode, cela ne sert à rien. Les patients vont regarder, dire «j'ai peur» et retirer le casque.



Le projet vCool permet au musicien de s'exercer en présence d'un public ou d'un jury virtuels.

Parfois des gens m'appellent en disant «faites-vous de la réalité virtuelle?». Ils imaginent ça comme un jeu vidéo.

Comment vous y prendriez-vous pour aider un musicien qui a le trac?

Je mettrais en place des techniques comme la respiration vagale. L'idée est d'empêcher le patient de se retrouver malgré lui en hypo- ou hyper-ventilation. Car c'est cela qui fait augmenter le trac de manière importante. Autre chose, la méthode de Jacobson permet de diminuer énormément le niveau de stress, si on la pratique au quotidien.

Le tourisme en version scénarisée et interactive

INGÉNIERIE

Plus-value ludique et didactique, les nouvelles technologies plongent le visiteur dans une dimension où réel et virtuel se côtoient. Panorama d'innovations pour le touriste 2.0.

TEXTE | Peggy Frey

Revoir les trésors archéologiques disparus de Palmyre ou visualiser ce que pouvait être un site antique à l'époque de sa grandeur: la réalité augmentée le permet en substituant le virtuel au réel à l'aide de lunettes high-tech.

Le visiteur 2.0 plonge dans la Pompéi d'avant l'éruption du Vésuve, ou entre dans la profondeur de champ d'un tableau de maître. Immersion dans un virtuel rendu tangible, la réalité augmentée donne accès à un univers narratif nouveau: en 360°, elle fait revivre un monde qui n'est plus et enrichit celui qui reste. Ailleurs, elle donne accès à l'inaccessible, comme dans *Clouds Over Sidra* (Nuages au-dessus de Sidra), le documentaire en réalité virtuelle lancé par les Nations Unies pour évoquer la crise humanitaire en Syrie.

Balades innovantes

Professeur en informatique et gestion à la Haute école de gestion Arc - HEG Arc, membre de l'Institut de management et des systèmes d'information (IMSI), Francesco Termine a parfois été gêné par l'archaïsme des audioguides lorsqu'il visitait un site ou un musée. L'ennui provoqué par des voix monocordes décrivant des objets ou des sites de toute beauté l'a incité à travailler sur les possibilités d'intégrer les nouvelles technologies de l'information aux visites touristiques et culturelles. «En 2014, les cantons de l'Arc jurassien souhaitaient déve-

opper et enrichir leur offre touristique. Pour mettre en valeur leur patrimoine de manière ludique et innovante, nous leur avons proposé de créer des visites interactives et scénarisées.»

En 2015 naissait le projet entrepreneurial Mobile Tour Information System qui commercialise aujourd'hui l'application StoriaBox. Développée à l'IMSI, cette «boîte à histoire» mêle plusieurs nouvelles technologies. «Nous utilisons la réalité augmentée pour mettre en récit une visite en y intégrant des personnages. Pour rendre la chose plus ludique, nous transposons aussi des mécanismes de l'univers des jeux vidéo vers le domaine du tourisme.» Sur plusieurs sites touristiques de l'Arc jurassien, via l'application StoriaBox, le visiteur peut pointer un endroit ou un bâtiment avec son smartphone ou sa tablette. Il accède alors à une histoire scénarisée et thématisée, racontée au fur et à mesure de son avancée sur le site. Pour cela, précise Francesco Termine, «l'utilisateur doit être géolocalisé en temps réel afin de pouvoir déclencher la bonne information en fonction de son itinéraire».

Découvrir l'ancien

Dans la région d'Yverdon-les-Bains, l'utilisateur de StoriaBox est invité dans la somptueuse villa romaine d'Orbe-Boscéaz en compagnie de Lucius, son propriétaire. En quarante-cinq minutes, l'équipe virtuo-réelle pérégrine sur

le site pour découvrir l'histoire de ce lieu. À La Chaux-de-Fonds, le patron d'une manufacture et son fidèle ouvrier plongent le visiteur dans le passé horloger de cette ville à l'urbanisme si particulier. «Pour le moment, nous avons créé neuf itinéraires touristiques scénarisés dans l'Arc jurassien. Dans un autre domaine, nous proposons la visite du campus StrateJ de Delémont, qui abrite une partie des enseignements de la HE-Arc et héberge le rectorat de la HES-SO, et commençons à démarcher les musées. D'un projet à l'autre, les contenus narratifs sont variés et adaptés à des offres de visite très différentes.»

Côté visiteurs, on apprécie l'innovation et l'interactivité. Nicolas, 6 ans, trouve «très chouette» de chasser un trésor sur le Doubs en compagnie du Capitaine Barbos. «Donner un côté ludique aux visites plaît beaucoup aux visiteurs, surtout au jeune public qui s'ennuie parfois sur certains sites. Liker un endroit ou chasser des Pokemons fait passer le temps», renseigne Miriam Scaglione. Professeure à l'Institut du tourisme de la HES-SO Valais, elle travaille sur la compréhension des trajectoires des visiteurs sur les sites touristiques.



GUILAUME FERRET / L'UMD13

«Pour mettre en valeur le patrimoine des cantons de l'Arc jurassien de manière ludique et innovante, nous leur avons proposé de créer des visites interactives et scénarisées», détaille Francesco Termine, professeur en informatique et gestion à la Haute école de gestion Arc - HEG Arc.

Incubateur d'innovations touristiques

Dédiée au tourisme et à la culture, la start-up parisienne Welcome Citylab propose des solutions innovantes dans ces deux domaines. Un exemple: grâce au projet *Theater in Paris*, les non-francophones peuvent suivre un spectacle donné dans la langue de Molière à l'aide de lunettes de réalité augmentée qui leur diffusent la traduction sous forme de sous-titres projetés directement sur les verres. De quoi permettre aux millions de touristes qui fréquentent Paris chaque année d'aller au spectacle.

Améliorer la réalité sans dénaturer le patrimoine

Reste le souci du coût, surtout lorsque le potentiel touristique ne permet pas d'amortir facilement un investissement élevé. «La création d'une visite scénarisée comme celle proposée à La Chaux-de-Fonds coûte environ 50'000 francs. Un tel budget est conséquent pour un site qui accueille peu de touristes, admet Francesco Termine. C'est pour cette raison que nous devons faire évoluer notre business model et réfléchir à une stratégie d'expansion en dehors de l'Arc jurassien.»

Spécialiste du tourisme culturel et auteure de nombreux livres sur le sujet, Claude Origuët du Cluzeau voit bien d'autres utilités à l'intégration de nouvelles technologies dans les offres touristiques et culturelles. «La réalité augmentée rend certains lieux plus abordables et spectaculaires: d'un simple tas de cailloux incompréhensible aux visiteurs non érudits, un site archéologique redevient attractif: la réalité augmentée permet de lui restituer son sens et son passé. Dans le cas d'un paysage naturel, elle permet de le voir évoluer au cours du temps, d'y changer la végétation ou les saisons pour l'observer en hiver ou en été.» La spécialiste est un peu plus réticente lorsqu'elle visite un musée où prolifèrent les gadgets high-tech sans réelle utilité. «Il ne s'agit pas de sauter d'un appareil à l'autre en oubliant de regarder les œuvres. Les musées doivent garder une certaine solennité par respect pour le patrimoine qu'ils abritent.» C'est bien lui que l'on vient admirer et non pas ses accessoires technologiques. 📱

⇒ www.mtis.ch

L'application SNUKR propose des parcours ludiques partagés par ses utilisateurs

Nature, running, art, romantique, architecture, ces quelques thèmes se trouvent sur la liste de ceux proposés par l'application SNUKR. Le principe est simple: après avoir téléchargé cet outil digital sur un smartphone, il propose une série de parcours sélectionnés selon le lieu de villégiature et les centres d'intérêt de l'utilisateur. Une manière mobile et douce de découvrir une ville et ses environs selon ses goûts.

Prenons l'exemple de Delémont, puisque le siège de Kinitic, la start-up qui a développé l'application, se trouve dans la capitale jurassienne. En sélectionnant le tag nature sur la page d'accueil de l'application, l'outil vous propose trois parcours de randonnée voisins de la ville. Si vous êtes plutôt patrimoine, vous aurez le choix entre trois autres parcours sillonnant le centre historique et la proximité de la vieille ville. «Participative, notre application permet aux personnes qui connaissent leur région de proposer leurs bons plans et parcours hors des sentiers battus, explique Chloé Saas Vuilleumier, directrice de Kinitic. Par le biais de notre application, ils les partagent avec les membres de la communauté qui peuvent suivre ces itinéraires et en proposer d'autres.» Les professionnels du tourisme bénéficient de plus de fonctionnalités et peuvent aussi proposer leurs parcours thématiques, moyennant une participation financière.

Vivre Montréal comme un Montréalais

Son idée, la jeune femme l'a eue pendant ses voyages. «Lorsqu'on arrive dans un endroit inconnu, on est un peu désorienté et on ne sait pas par où commencer ses visites. Sur SNUKR, les tags permettent d'affiner son choix et d'obtenir un itinéraire très personnalisé.» Histoire de vivre Montréal comme un Montréalais! Développée en 2015 dans le canton du Jura et au Canada, l'application gratuite propose déjà quelque 300 parcours en Suisse et ailleurs dans le monde. «Les tags art et architecture sont les plus demandés. Si l'un de mes préférés est l'itinéraire street art à Lisbonne, ceux de Fribourg et Sion sont aussi très chouettes», confie Chloé. La prochaine étape: connecter cet outil aux réseaux sociaux, afin d'élargir la communauté – 1500 membres pour le moment – et d'enrichir les offres de parcours.

⇒ www.snukr.com

L'art contemporain au milieu du village

DESIGN

À travers le projet pilote Creative Villages mené dans la commune valaisanne de Leytron, des chercheurs de l'Ecole cantonale d'art du Valais questionnent le rôle de l'art contemporain dans les régions périphériques.

TEXTE | Andrée-Marie Dussault



Un photomontage présentant une extension à l'église de Leytron a été utilisé pour annoncer le lancement du projet Creative Villages. L'affiche a interloqué plus d'un habitant du village valaisan.

DR

Toujours plus présent hors des circuits habituels, l'art contemporain fait désormais sa marque en région périphérique. Pour accroître leur capital touristique, les zones excentrées y recourent pour générer une plus-value à la fois culturelle et économique. Forte de ces constats, une équipe de l'Ecole cantonale d'art du Valais (ECAV) a entrepris un projet pilote de recherche sur vingt-deux mois, Creative Villages (Villages créatifs). Son but: mieux comprendre les enjeux de ce phénomène récent, qui s'étend à l'échelle européenne.

«Notre objectif initial était de développer une réflexion critique par rapport à «l'économie créative»; c'est-à-dire l'utilisation de l'art pour valoriser économiquement un territoire», explique **Benoît Antille**, chef de projet et historien de l'art

à l'ECAV. Comment l'art contemporain peut-il être utilisé à des fins autres que purement artistiques; comment peut-il être exploité économiquement; comment, le cas échéant, peut-il préserver ses vocations critiques et expérimentales, ainsi que son autonomie; quel rôle peut-il jouer dans une dynamique territoriale; qu'attend-on d'une politique culturelle? Voilà certaines des questions que se sont posées les chercheurs.

Parallèlement, à quelques kilomètres de l'ECAV, à Leytron, le conseiller communal en charge de la Culture, Alexandre Crettenand, aspirait à profiler la commune valaisanne de 3100 habitants comme destination touristique culturelle originale. Il souhaitait par ailleurs faire vivre l'ancienne église du village, en la

«L'idée animant Creative Villages était de développer une réflexion critique par rapport à «l'économie créative», c'est-à-dire l'utilisation de l'art pour valoriser économiquement un territoire», expose Benoît Antille, chef de projet et historien de l'art à l'ECAV.

dédiant à la culture. Suite à une rencontre avec Benoît Antille, les deux Valaisans ont décidé de collaborer. C'est ainsi que le projet Creative Villages – financé par Pro Helvetia et le Fonds stratégique de la HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale, la Loterie romande, le canton du Valais et la commune de Leytron – est passé de la théorie à la pratique sur le terrain.

Un programme varié

En utilisant la plate-forme de Leytron, l'équipe de l'ECAV a non seulement voulu approfondir son travail sur le rôle de l'art contemporain dans les régions périphériques, mais elle a aussi proposé un riche programme culturel dans la commune. «Des expositions, des concerts, des ateliers, des débats, des conférences ont été organisés, énumère Benoît Antille. Dans l'ancienne église, mais aussi en plein air, dans des buvettes et des cafés du village, en partenariat avec les artisans et les restaurateurs de Leytron.» Des artistes de

France, des États-Unis, de Colombie, mais aussi de Fribourg et du Valais ont été accueillis en résidence à Leytron. «Ils ont été appelés à créer des projets in situ, soit des œuvres destinées au lieu qui les héberge. Quatre journaux ont été publiés en marge de Creative Villages et l'ensemble de l'initiative a été documentée sur vidéo dont des extraits ont été diffusés sur Canal 9, la télévision cantonale valaisanne.»

Des liens ont par ailleurs été créés avec d'autres manifestations culturelles de régions voisines, comme le Palp Festival de Monthey et les Nuits valaisannes des images à Riddes. Le public visé s'est divisé en trois catégories, précise l'historien de l'art: les citoyens de Leytron, les Valaisans et, enfin, une communauté internationale spécialisée dans l'art contemporain. «Celle-ci a pris part à des débats plus pointus, circonscrits à la problématique plus vaste de l'art contemporain en région périphérique en général, et cela, en anglais.»



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com



L'exposition-conférence *Vignes en mouvement* a suscité un grand intérêt auprès du public.

Pour Alexandre Crettenand, faire en sorte que les habitants s'approprient cette culture amenée de l'extérieur a été un défi de taille. Le projet était légèrement provocateur; il a un peu bousculé la région, admet-il. Pour la population locale qui n'avait pas forcément d'attentes culturelles, comme c'est le cas dans les grandes villes, l'art contemporain était en quelque sorte un ovni, souligne le responsable de la Culture de Leytron. «Ici, nous sommes habitués à l'art plus folklorique, comme la fanfare, et moins à l'art lyrique ou visuel plus moderne. Faire prendre la sauce n'a pas été évident!»

Se rapprocher des habitants

Au départ, une approche trop peu accessible a été adoptée, en présentant des expositions abstraites, mal saisissables, estime-t-il. «La communication a dû être repensée, pour être mieux adaptée au public local. Mais avec le temps, les uns et les autres ont progressivement appris à se connaître, à comprendre les attentes réciproques.» En traitant davantage des enjeux locaux, les initiatives se sont rapprochées des habitants de Leytron.

«Les défis ont été multiples, reconnaît également Alain Antille, responsable de la recherche et de la formation continue à l'ECAV qui a participé à

la coordination du projet. Le challenge principal a été de développer des pratiques artistiques dans un village relativement rural où il existait peu de culture et d'infrastructure liées à l'art contemporain.» Certains événements ont reçu des échos positifs, d'autres en revanche ont connu des résultats plus mitigés. Au terme du projet, le 20 mai dernier, un rapport détaillé avec conclusions et pistes de travail a été rédigé pour le compte de la Commune de Leytron. Celles-ci pourront être reprises par les autorités communales de façon à pérenniser certains aspects du projet Creative Villages. Le bilan est pour l'instant nuancé.

Éviter l'instrumentalisation

Déjà, les organisateurs ont pu observer que dans le cadre de l'économie créative, il existe le risque d'une double instrumentalisation. Celle de la population locale qui se voit imposer de l'extérieur des pratiques artistiques ne répondant pas nécessairement à ses besoins. Et celle de l'artiste qui devient un instrument pour poser une problématique qui ne le concerne pas directement. «Cependant, entre ces deux écueils, il existe un espace à explorer, à définir», fait valoir Alain Antille.

Autre constat: créer des partenariats, des ponts et travailler main dans la main avec la population locale est fondamental pour la réussite d'une expérience similaire. Il a aussi été relevé que lorsqu'il existait un lien entre le territoire et un projet artistique, par exemple un aspect lié à l'agriculture ou à la viticulture dans le cas de Leytron, l'intérêt est plus grand. En témoigne le succès de l'exposition de photos *Vignes en mouvement* du photographe Gilbert Vogt, présentée en mars.

Pour avoir des résultats probants, il n'y a pas de règle générale, relève Alain Antille. Il s'agit d'un processus qui demande du temps, pour connaître la population et pour familiariser celle-ci avec des pratiques qu'elle ne connaît pas forcément. Beaucoup dépend des artistes, de leur personnalité, de leurs œuvres et des caractéristiques du lieu d'accueil. «L'ECAV se situant dans une région péri-urbaine, plusieurs projets artistiques ont déjà été menés dans des villages et selon les cas, la réception varie.» ¶

Concert de l'artiste
franco-libanais Bachar
Mar Khalifé aux Bains
d'Ovronnaz, organisé
en collaboration avec
le PALP Festival.

Vernissage de l'exposition
*Peace, Friendship, Limits
and Settlement – This all
used to be outside* réalisée
par Ricardo Rivera et Chris
Daubert.



L'alcool, ce compagnon de retraite

SANTÉ

En Suisse, les personnes âgées sont aussi touchées par l'alcoolisme, qu'elles développent souvent au moment de leur retraite. Un phénomène tabou dont la prise en charge demeure compliquée.

TEXTE | Julien Calligaro

Henry* s'est mis à boire à 50 ans, après une rupture difficile. «Au début, je buvais un verre de vin le soir en rentrant du travail. Je suis ensuite passé à trois verres par jour.» Ce septuagénaire avait, lors de sa vie active, beaucoup de collègues et d'amis autour de lui. «À la retraite, ma vie sociale s'est considérablement dégradée et j'ai eu l'impression de ne plus servir à rien. J'ai commencé à boire encore plus. C'était facile, cela me permettait de faire une pause, de ne plus être triste. J'avais conscience de ma surconsommation, mais n'avais pas la force de changer. Il y a quelques années, ma petite-fille m'a demandé pourquoi je me comportais 'bizarrement'.» Cette question a fait office de déclic: il s'est rendu aux Alcooliques Anonymes. Et est sobre depuis deux ans.

La situation d'Henry n'est pas un cas isolé. En Suisse, en 2015, 7,3% des 65-74 ans ont consommé en moyenne par jour des quantités d'alcool qui présentent des risques moyens à élevés pour la santé, selon le Monitoring suisse des addictions. Le seuil de risque est fixé à 20 g d'alcool en moyenne par jour chez les femmes (environ deux verres de vin) et 40 g pour les hommes (quatre verres de vin). En comparaison avec les autres tranches d'âge, on enregistre les taux d'abus les plus élevés chez les 65-74 ans, mais aussi chez les 20-24 ans. Une consommation qui est en réalité probablement encore plus

élevée. «L'enquête réalisée est représentative d'un point de vue statistique, explique Corine Kibora, porte-parole d'Addiction Suisse. Mais il existe un risque de sous-estimation de sa propre consommation.»

L'absorption d'alcool en trop grande quantité est déconseillée à tout âge. Mais en vieillissant, les dommages physiques et les risques d'accident liés à la consommation surviennent plus rapidement. «Avec l'âge, la quantité d'eau présente dans l'organisme diminue, précise Laurence Seematter-Bagnoud, médecin spécialiste en prévention et santé publique au CHUV, à Lausanne. L'alcool consommé est donc dilué dans une plus faible quantité de liquide, ce qui augmente les effets.» La spécialiste cite plusieurs conséquences directes, telles que des troubles de l'équilibre et des risques de chutes ou d'accidents de voiture. Les résultats d'une étude menée en 2015 par le médecin ont également montré que la marche était plus lente et moins régulière chez les personnes qui rapportaient une consommation supérieure aux recommandations, ce qui indique un risque accru de tomber.

L'âge fatidique de la retraite

En vieillissant, la prise de médicaments régulière est également plus fréquente, car le risque de souffrir de certaines maladies – notamment l'hypertension ou les problèmes cardiaques –

Dans le film *Le Havre* du réalisateur finlandais Aki Kaurismäki, l'acteur André Wilms interprète un ancien écrivain un peu trop porté sur la bouteille.

augmente. De nombreux médicaments interagissent avec l'alcool: c'est notamment le cas des tranquillisants et somnifères de la famille des benzodiazépines. Ces traitements peuvent rendre dépendant lorsqu'ils sont consommés régulièrement, ce qui est le cas de 15,6% des 65-74 ans et 17,6% des plus de 75 ans, selon le Monitoring suisse des addictions. «Les benzodiazépines entraînent une diminution des réflexes pouvant causer chutes et accidents de la route, dit Laurence Seematter-Bagnoud. Si l'on y rajoute la consommation à risque d'alcool, les effets sont doubles.»

Pourquoi les personnes âgées sont-elles plus enclines à boire de façon excessive que les autres? Addiction Suisse estime qu'un tiers des aînés qui souffrent de problèmes d'alcoolodépendance ont développé cette maladie après la retraite. «Cette période s'accompagne souvent d'une perte de reconnaissance, d'un rôle 'utile' dans la société et de liens sociaux, observe Corine Kibora. La sagesse des anciens n'est pas valorisée dans notre société: on pousse à la performance, au jeunisme. Avec le vieillissement

de la population, les seniors sont pourtant de plus en plus nombreux. Pour certains, l'alcool fait office de refuge.»

Philippe Vouillamoz, ancien responsable au sein de la branche valaisanne d'Addiction Suisse et directeur du Foyer Pierre-Olivier à Chamoson (VS), évoque également la solitude dont souffrent certaines personnes après le passage à la retraite. «Il s'agit d'une période qui s'accompagne de pertes: le décès du conjoint et de membres de la famille, mais aussi la dégradation du soutien social des amis et collègues.»

«Dernier petit plaisir»

Alors que l'alcoolisme et la consommation de drogue chez les adolescents et jeunes adultes font régulièrement la une des médias, la question des personnes âgées reste encore cachée. «Ce problème a longtemps été ignoré, voire tabou, dénonce Philippe Vouillamoz. On commence seulement à le considérer comme une affaire de santé publique depuis que l'on parle de vieillissement de la population.»



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Pour quelles raisons le sujet est-il passé sous silence? «L'alcool fait partie intégrante de notre société et est très accepté, relève Nathalie Arbella, chargée de cours à la Haute Ecole de Travail Social Valais-Wallis. Pour cette génération, le verre de vin en mangeant reste la norme. On se dit qu'on ne va pas lui enlever ce 'dernier petit plaisir'.» Selon elle, la différence principale entre la consommation chez les jeunes et les personnes âgées réside dans la notion même de majorité: «On pourrait se demander 'qui est-on pour intervenir chez un adulte et lui dicter sa façon de consommer?'

L'excès d'alcool chez les seniors est d'autant plus difficile à repérer que ceux-ci sont isolés socialement: «Les jeunes ont plus tendance à consommer en fin de semaine de grosses quantités en peu de temps ('biture express'), note Corine Kibora d'Addiction Suisse. Les 55 ans et plus sont par contre plus enclins à boire quotidiennement, la plupart du temps au sein même du foyer.» Autre élément qui rend la détection du problème délicate chez les seniors: les symptômes associés à l'alcoolisme – perte d'équilibre, chute, dégradation du sommeil et de l'élocution – sont souvent aussi ceux du vieillissement.

Vin sans alcool

Lors de situation de dépendance, les proches jouent un rôle important. «C'est souvent eux qui se rendent compte du problème, sans savoir comment réagir», avance Corine Kibora. Elle conseille d'évoquer les conséquences, plutôt que la consommation elle-même: il s'agit de pointer les avantages à changer certaines habitudes et encourager à consulter. Les professionnels de la santé, notamment les médecins de famille, remplissent donc aussi une fonction essentielle. «Ils bénéficient malheureusement de peu de formation sur le sujet, regrette Philippe Vouillamoz. Et certains médecins nient encore le problème lorsqu'ils font face à des personnes âgées alcoolodépendantes...»

En plus des Alcooliques Anonymes, plusieurs organismes tentent d'enrayer le phénomène. La Croix-Bleue propose par exemple d'accompagner le malade et les proches. Elle collabore

aussi directement avec les EMS à la recherche de solutions. En partenariat avec Addiction Suisse et Infodrog, l'Office fédéral de la santé publique a également mis sur pied en 2013 la plateforme d'aide en ligne «Addictions et vieillissement». Elle regroupe les connaissances actuelles sur le sujet et est destinée aux personnes âgées, à leur entourage et aux professionnels.

Des mesures à l'échelle locale portent aussi leurs fruits. L'établissement que dirige Philippe Vouillamoz propose, en plus du vin ordinaire, une version sans alcool. Après avoir essuyé des refus quand il a expressément proposé du vin sans alcool, Philippe Vouillamoz a changé de méthode: «Nous servons pendant un ou deux jours du vin désalcoolisé à une personne sans le lui dire. Nous lui demandons ensuite rapidement si elle souhaite continuer ou non. Il est important de ne pas occulter la notion de plaisir lorsqu'on évoque les risques d'une consommation d'alcool trop élevée.» ☞

* Prénom d'emprunt

HES-SO

design et arts visuels | économie et services | ingénierie et architecture | musique et arts de la scène | santé | travail social

HES-SO

Deux étudiantes récompensées par le prix de l'Innovation HES-SO

Hind Chammas et Meili Gernet se sont vues récompensées du tout premier prix de l'Innovation décerné par la HES-SO. Lancé en mai 2016, le concours a recueilli 12 projets d'étudiants en master, dont six ont ensuite été défendus devant un jury.

Lauréate du premier prix, l'étudiante en design Hind Chammas a imaginé une visite du Musée d'ethnographie de Genève sous la forme d'un jeu de piste recourant à la réalité augmentée.

Meili Gernet, qui suit la filière Integrated Innovation For Product and Business Development, a pour sa part conquis le jury grâce au projet *Toujours là*, un service de livraison de colis entre particuliers.

Luciana Vacaro, rectrice HES-SO et Patrick Furrer, vice-recteur, ont salué «l'énergie créative, la diversité et la passion» des jeunes entrepreneurs. Hind Chammas et Meili Gernet ont reçu respectivement, 20'000 et 15'000 francs. Un financement bienvenu pour passer du concept à la réalisation de leurs projets.



Les nominés en compagnie de Luciana Vaccaro et Patrick Furrer à l'occasion de la cérémonie de remise des prix organisée le 17 janvier dernier à la Haute Ecole de Musique de Lausanne – HEMU.

HES-SO

Une convention d'objectifs pour renforcer la HES-SO

L'union fait la force. Forts de cet adage, les sept cantons partenaires de la HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale ont signé une première convention d'objectifs le 9 mars dernier. L'accord porte sur un total de 17 points pour la période 2017-2020, allant de la formation à la recherche, en passant par les contributions à la société et la politique institutionnelle. Objectif numéro 1: renforcer l'ancrage régional des hautes écoles, en s'assurant de leur adéquation avec les besoins économiques environnants.

La HES-SO continuera à mettre l'accent sur les formations destinées aux jeunes porteurs d'une maturité professionnelle ou spécialisée. Elle prévoit aussi un soutien dans les secteurs menacés de pénurie de main-d'œuvre. Les milieux techniques et le domaine de la santé sont en premières lignes. La convention traduit également la volonté de l'institution de renforcer son aura dans l'univers compétitif des hautes écoles suisses.

INNOVATION

Une start-up pour voyager équitable

Réunir locaux et touristes pour visiter ensemble un pays. C'est l'idée de quatre étudiants de la Haute Ecole de Gestion & Tourisme HES-SO Valais-Wallis.

Les jeunes ont imaginé une agence de voyages en faveur d'un tourisme social et en immersion culturelle. Résidents indigènes et clients occidentaux participent à l'élaboration du voyage. Ces derniers aident au financement du périple. En contrepartie, ils

profitent de l'expertise des locaux qui prennent part au tour. Le concept de PoggyTravel tente de mettre les deux parties sur un plan d'égalité tout en offrant la possibilité aux locaux de visiter leur propre pays. Une campagne de crowdfunding a permis de réunir les fonds nécessaires à un premier voyage test. L'équipe s'est ainsi rendue en Indonésie en avril pour tester le concept sur le terrain avec ses premiers clients.

RECHERCHE

Bourses pour projet durable cherchent étudiants

Les étudiants avec une idée de projet s'inscrivant dans le développement durable peuvent prétendre à un coup de pouce financier dans le cadre de l'appel à projet du programme U Change. Lancé par l'Académie suisse des sciences et soutenu par la Confédération, U Change encourage financièrement aussi bien projets d'utilité publique, nouveaux formats d'enseignement ou module complémentaire pour travaux de bachelor, master ou thèse de doctorat. Seule condition: être inscrit dans une haute école polytechnique ou spécialisée suisse, ou dans une université cantonale. Au total, 1,1 million de francs seront versés aux candidats retenus, avec un financement maximum de 10'000 francs par projet, pour autant que l'école affiliée mette à disposition un montant au minimum égal. Les travaux obligatoires – bachelor, master et doctorat – ne sont pas éligibles. Les étudiants peuvent déposer leur dossier jusqu'au 31 juillet 2017.

⇒ www.u-change.ch

SANTÉ

Réduire le stress grâce au massage des mains

Le massage des mains peut soulager l'agitation de patients atteints de démence sénile, mais aussi celle de leurs soignants. Une étude de Corinne Schaub de l'HESAV-Haute Ecole de Santé Vaud se penche sur les bienfaits de cette pratique non médicamenteuse. Avec des résultats positifs. La doctorante a suivi pendant trois semaines 40 patients et leurs soignants. Conclusion: le massage des mains agit positivement sur le stress biologique, la qualité du sommeil et l'agitation des personnes. Les infirmiers ont aussi retiré un bénéfice du processus, notamment en renforçant les liens avec les personnes âgées. Ces approches non pharmacologiques ont un rôle important à jouer dans le traitement du stress et de l'anxiété, mais elles sont insuffisamment appliquées, estime Corinne Schaub.



FOTO: ILLA

CULTURE

La Suisse comptera-t-elle bientôt une capitale culturelle?

Désigner tous les quatre ou cinq ans une ville suisse comme capitale culturelle, pour que celle-ci mette en avant la diversité culturelle du pays via une série d'événements. Voilà l'idée défendue par l'association Capitale culturelle suisse, présidée par Daniel Rossellat, par ailleurs directeur du Paléo Festival

Nyon. Un projet qui aurait un effet bénéfique pour la cohésion nationale, d'après les conclusions d'une étude réalisée par la Haute Ecole de Gestion Arc. Menée par Mathias Rota, l'enquête montre la variété des effets bénéfiques engendrés par le projet: augmentation de l'activité économique, rénovation des infras-

tructures, mobilisation de la population, création et renforcement de réseaux, enrichissement culturel et surtout, renforcement de la cohésion sociale et nationale. Reste désormais à convaincre les politiques pour débloquer les fonds nécessaires.

⇒ www.capitaleculturelle.ch

DESIGN

Un ingénieux plat à fruits

Un plat à fruits écoresponsable a séduit le jury du Prix Créagir. À l'origine du projet, trois étudiants de la HES-SO: Charlotte Halsenbach, 2^e année Bachelor en Architecture du paysage à la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève – hepia; Sandra Garsaud, 3^e année Bachelor en Design Produit, bijou et accessoires à la HEAD-Genève et Thomas Blanc, 2^e année en Microtechniques à l'hepia, ont ainsi reçu 3000 francs pour leur création. Baptisée Écosphère, elle se présente sous la forme d'un centre de table multifonctionnel conçu pour limiter le gaspillage de fruits.

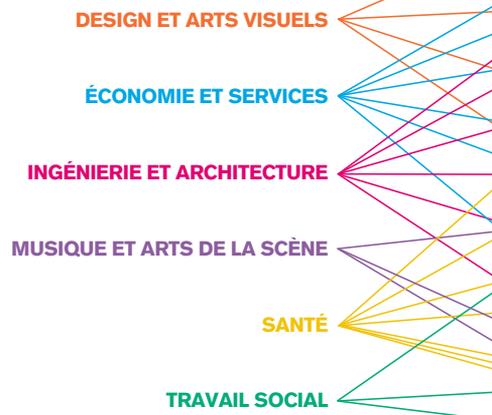
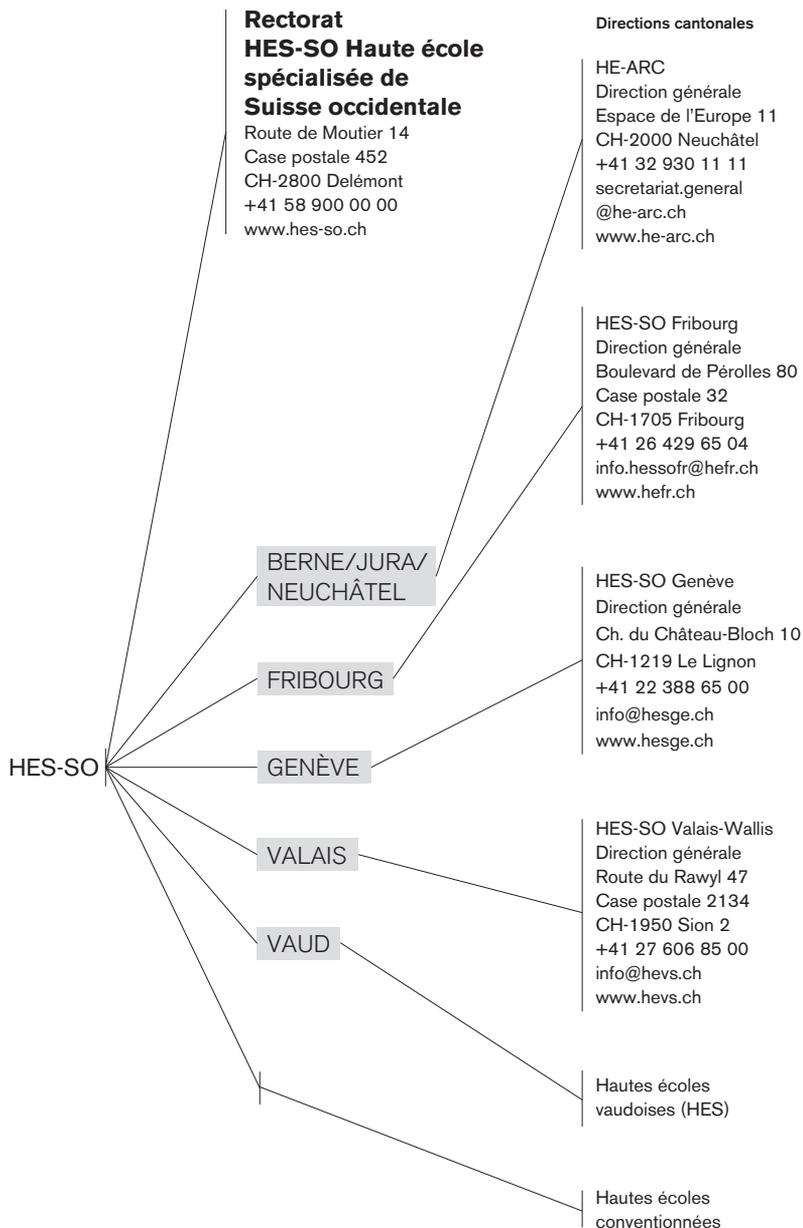


RECHERCHE

Une enquête sur l'extrémisme politique des jeunes

Comment expliquer l'orientation de certains jeunes Suisses vers des positions politiques toujours plus dures? Quelle est l'ampleur du phénomène? Une équipe de scientifiques de la HES-SO se penche sur ces questions. Issus de la Haute école de travail social Fribourg et de l'Institut pour la prévention de la délinquance et de la criminalité de l'Université de Zurich, les six chercheurs veulent analyser trois formes

d'extrémisme: de droite, de gauche et d'inspiration islamiste. À cet effet, une enquête quantitative sera menée dans les trois principales régions linguistiques du pays en interrogeant près de 13'000 jeunes âgés de 17 ans. C'est la première fois que des scientifiques s'intéressent aux attitudes politiques extrêmes et aux violences qui y sont liées chez les jeunes Suisses.





HÉMISPHERES

La revue suisse de la recherche
et de ses applications

www.revuehemispheres.com

Édition

HES-SO Rectorat
Route de Moutier 14
2800 Delémont
Suisse
T. +41 58 900 00 00
hemispheres@hes-so.ch

Comité éditorial

Luc Bergeron, Philippe Bonhôte, Rémy Campos,
Joseph Coquoz, Yvane Chapuis, Annamaria Colombo Wiget,
Claude-Alexandre Fournier, Angelika Güsewell, Nicolas Kühne,
Vincent Moser, Max Monti, Noémie Pulzer,
Anne-Catherine Sutermeister, Marianne Tellenbach,
Jean-Philippe Trabichet

Réalisation éditoriale et graphique

LargeNetwork
Press agency
Rue Abraham-Gevray 6
1201 Genève
Suisse
T. +41 22 919 19 19
info@LargeNetwork.com

IMPRESSUM

Responsables de la publication

Pierre Grosjean, Gabriel Sigrist

Direction de projet

Erik Freudenreich

Responsable visuel de projet

Mónica Gonçalves

Rédaction

Yann Bernardinelli, Céline Bilardo, Joëlle Cachin,
Thomas Dayer, Anne-Sophie Dubey,
Andrée-Marie Dussault, Sophie Gaitzsch, Robert Gloy,
Blandine Guignier, Virginie Langerock, Melinda Marchese,
Sylvain Menétrey, Patricia Michaud, Laurent Perrin,
Stéphanie de Roguin, Matthieu Ruf,
Hannah Schlaepfer, Julie Zaugg

Images

Niels Ackermann, Hervé Annen, Sabrine Elias Ducret,
Joëlle Kercan, Thierry Parel, Guillaume Perret

Maquette & mise en page

Sandro Bacco, Sébastien Fourtouill, Mónica Gonçalves

Couverture

Ben F. Laposky,
avec l'autorisation du Sanford Museum
and Planetarium, Cherokee, IA USA

Relecture

Samira Payot
www.lepetitcorrecteur.com

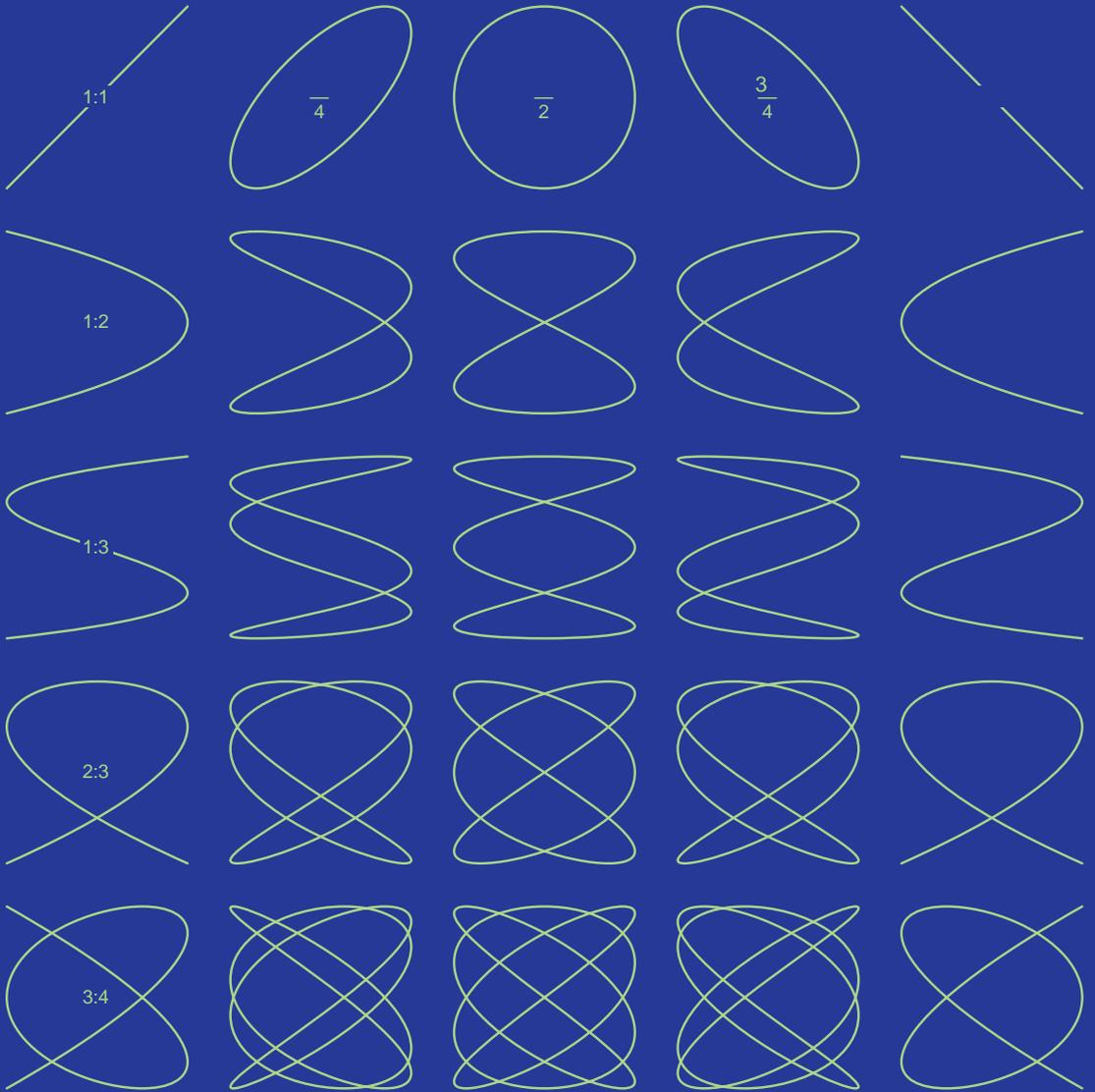
N° ISSN 2235-0330



La version complète
de la revue est en vente
sur le site
www.revuehemispheres.com

Pi appris par cœur

Le nombre Pi fait l'objet de concours de mémorisation depuis le début du XIX^e siècle. Si le record mondial (mais non reconnu par le Guinness Book) est revendiqué par le Japonais Akira Haraguchi, avec 111'700 décimales récitées en seize heures, les 22'514 décimales reproduites sur ces pages font référence à la performance réalisée il y a quelques années par l'écrivain et poète britannique Daniel Tammet. Il avait mémorisé ces décimales après trois mois d'entraînement.



CHF 9.- €9.-
 N° ISSN 2235-0330
 9 772235 033924 13