Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: 24 (2012)
Heft: 95

Artikel: Point fort hasard : pile ou face?
Autor: Schipper, Ori / Vos, Anton / Hafner, Urs
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-970928

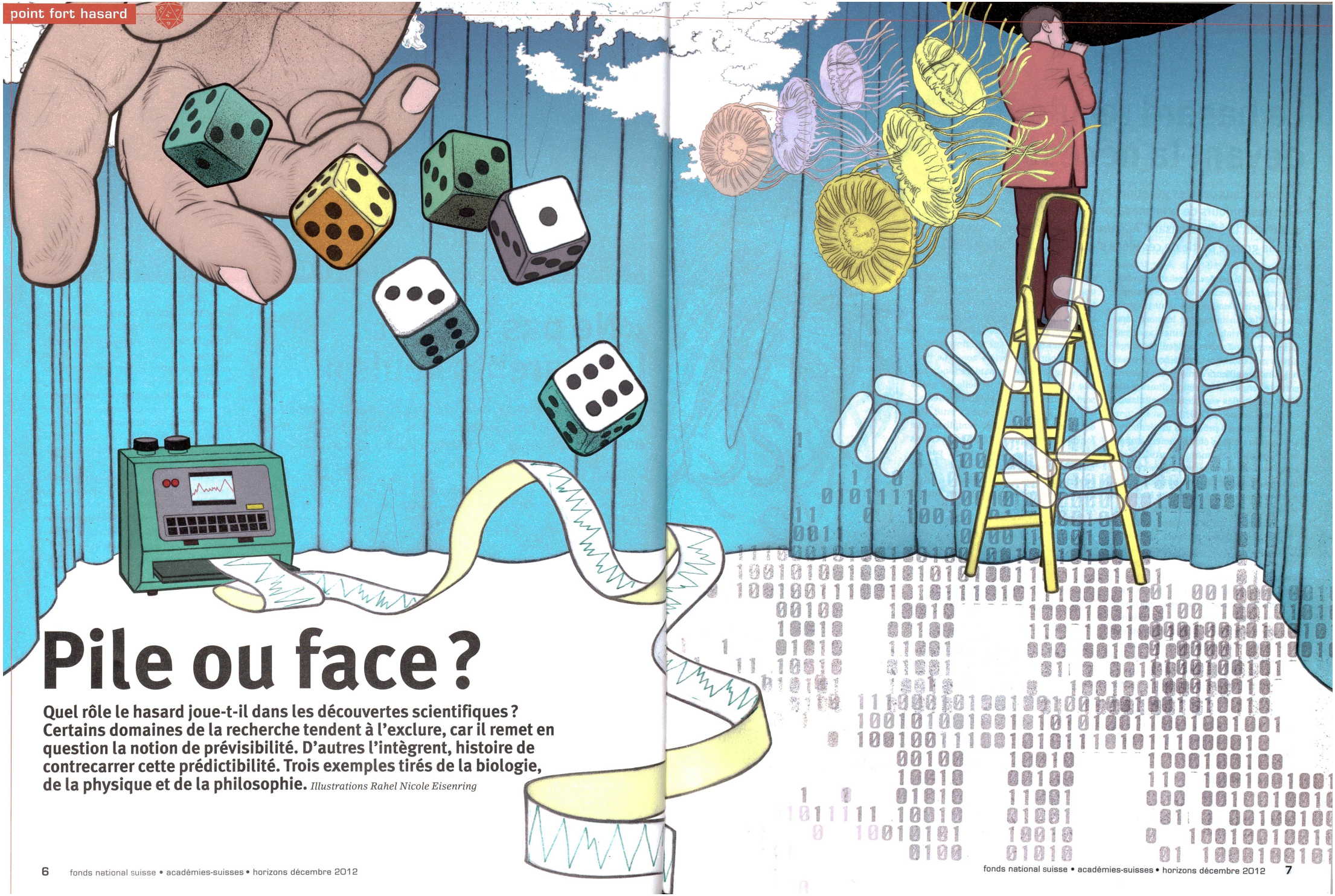
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Pile ou face ?

Quel rôle le hasard joue-t-il dans les découvertes scientifiques ? Certains domaines de la recherche tendent à l'exclure, car il remet en question la notion de prévisibilité. D'autres l'intègrent, histoire de contrecarrer cette prédictibilité. Trois exemples tirés de la biologie, de la physique et de la philosophie. *Illustrations Rahel Nicole Eisenring*

Le hasard recule devant la nécessité

Pourquoi deux cellules génétiquement identiques ne se comportent-elles pas toujours de la même façon ? Il y a dix ans, on a avancé que c'était le fait du hasard. Aujourd'hui, la recherche affirme qu'une grande partie de ces aléas s'expliquent. *Par Ori Schipper*

La multiplicité des processus coordonnés intervenant en même temps au sein d'une cellule tient presque du miracle. Au niveau de la membrane cellulaire, certaines protéines agrègent des sucres ou d'autres molécules énergétiques qui subissent une décomposition biochimique ailleurs dans la cellule. Avec cette énergie, la cellule alimente la construction des composants cellulaires ou la duplication de l'ADN.

Pourtant, ces processus moléculaires présentent un flou étonnamment important, comme l'a montré un article paru voilà dix ans dans la revue *Science*. Ses auteurs, des chercheurs emmenés par Michael Elowitz, de l'Université Rockefeller aux Etats-Unis, avaient introduit dans des bactéries intestinales une protéine luminescente d'une méduse de l'océan Pacifique.

Coloris surprenants

Prises séparément, ces protéines présentent une fluorescence verte ou rouge, laquelle vire au jaune lorsque lesdites protéines sont mises ensemble. Pour leur essai, les chercheurs ont affecté les gènes des deux couleurs (verte et rouge) au contrôle de la même séquence génétique. Leur hypothèse : si la machinerie cellulaire identifie et exécute correctement la séquence de contrôle, les deux gènes devraient présenter la même activité et, par leur action conjointe, doter les bactéries d'une fluorescence jaune. Mais cela ne s'est produit que pour 60% des bactéries. Les 40% restants présentaient une fluorescence verte ou rouge : elles produisaient donc davantage une version de la protéine luminescente, au détriment de l'autre. Michael Elowitz et ses collègues ont expliqué les coloris inattendus de leurs bactéries par le « noise », c'est-à-dire le bruit des mécanismes moléculaires. Des processus stochastiques ou aléatoires, qui débouchent parfois sur la fabrication de telle protéine, et parfois non. « Le bruit intrinsèque limite de manière fondamentale la précision avec laquelle les gènes sont régulés », écrivaient les chercheurs.

Mais se pourrait-il que ce bruit, issu de mécanismes erronés, remplisse une fonction biologique ? Et que les processus stochastiques ne se déroulent pas de manière absurde, mais servent un objectif supérieur ? Telle est la question de fond qu'examine l'équipe dirigée par Martin Ackermann, de l'EPFZ et de l'Eawag. Ces chercheurs attribuent au hasard un rôle plus complexe que Charles Darwin dans sa théorie de l'évolution (voir encadré). Cette dernière postule une concomitance de mutations aléatoires et de sélection naturelle : le hasard est le père de la diversité, laquelle s'érode sans cesse en raison de la nécessité que représente la survie à la sélection naturelle. Alors que dans la pensée de Martin Ackermann, ces deux principes dissemblables s'entrelacent et s'interpénètrent : « Nous avons découvert des éléments qui indiquent que la sélection naturelle détermine l'envergure de la diversité », explique-t-il. L'effet du hasard n'est donc pas aussi important dans toutes les situations. Dans certains domaines, la sélection ne laisse que peu d'espace au hasard, alors que dans d'autres, elle exploite la diversité qu'il génère.

Avec un groupe de chercheurs israéliens, l'équipe de Martin Ackermann a analysé la part de bruit autorisée par chaque séquence génétique de contrôle, dans le cas de plus de 1500 gènes différents de la bactérie intestinale *Escherichia coli*. Pour de nombreux gènes, dits essentiels (sans lesquels la bactérie ne peut pas vivre), le bruit était minimal. En revanche, la régulation des gènes, qui entrent en action dans les adaptations aux modifications de l'environnement (stress bactérien), s'est avérée beaucoup plus sujette aux défaillances.

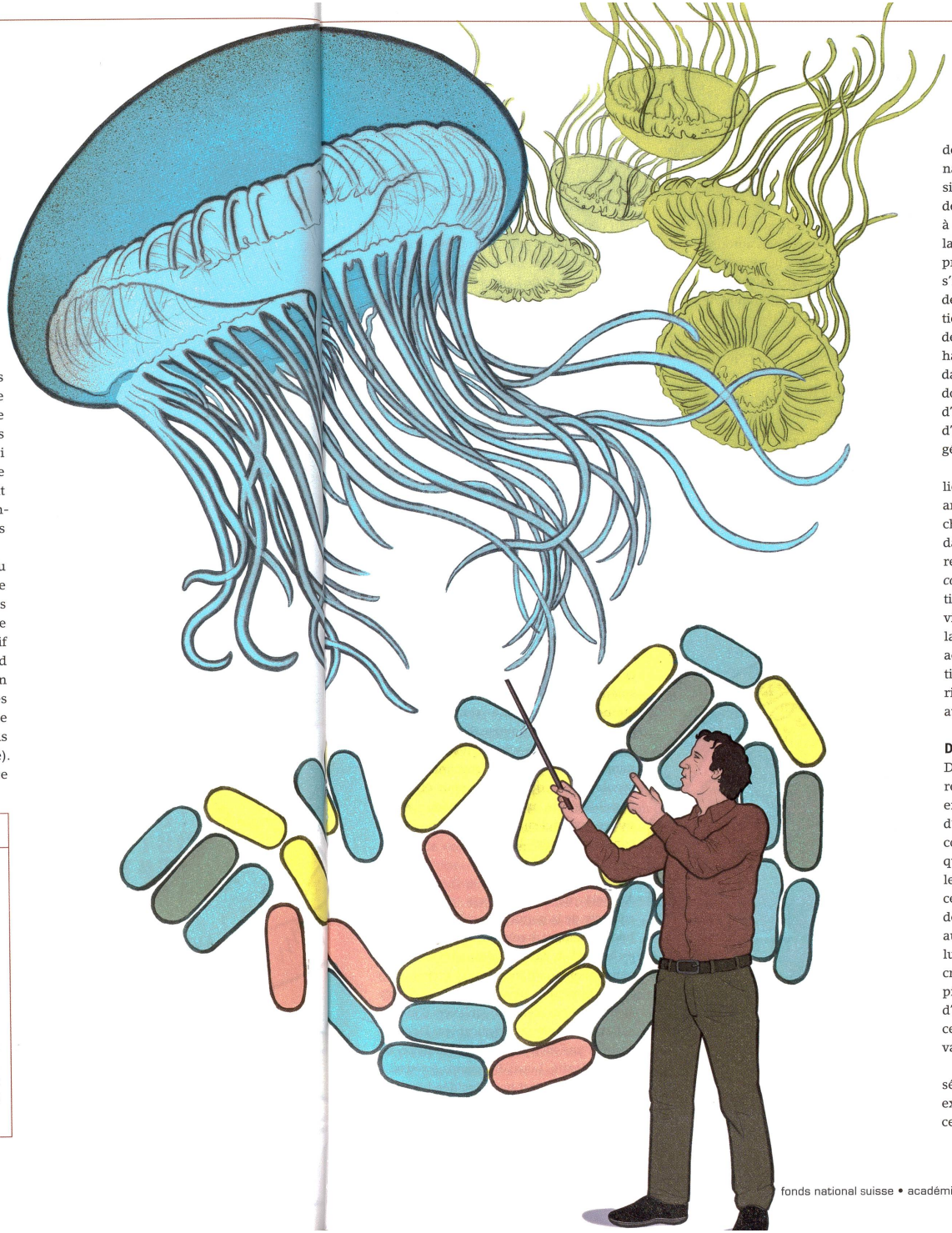
Différence utile

Du point de vue des bactéries, cette différence est utile. Car les bactéries croissent en colonies. Or, ces dernières profitent d'une espèce de répartition du travail : une colonie grandit de manière optimale quand la plupart des cellules investissent leur énergie dans la croissance, tandis que certaines se développent et se multiplient de manière limitée, mais résistent mieux aux périodes défavorables. Sans ces cellules gardiennes, la colonie pourrait croître plus vite pendant les périodes propices, mais risquerait d'être éradiquée d'un seul coup si, par exemple, aucune cellule sœur ne réagissait à temps à une variation de température.

Les colonies de bactéries sont composées de cellules génétiquement identiques, exposées au même environnement et censées se comporter toutes à l'identique.

Les principes de l'évolution

L'élégance de la théorie de Charles Darwin réside peut-être moins dans son explication concluante de l'origine commune de toutes les formes de vie que dans son unification de deux principes a priori inconciliables : le hasard et la nécessité. Ensemble, ils créent les conditions cadres du développement de la vie avec, d'un côté, les modifications de l'ADN se produisant par hasard et résultant d'imprévisibles erreurs de duplication et, de l'autre, la sélection naturelle, en tant que principe de nécessité. Celle-ci a pour effet qu'au sein de la diversité née du hasard, seules s'imposent les variantes permettant aux individus qui les portent de mieux s'adapter à leur environnement.



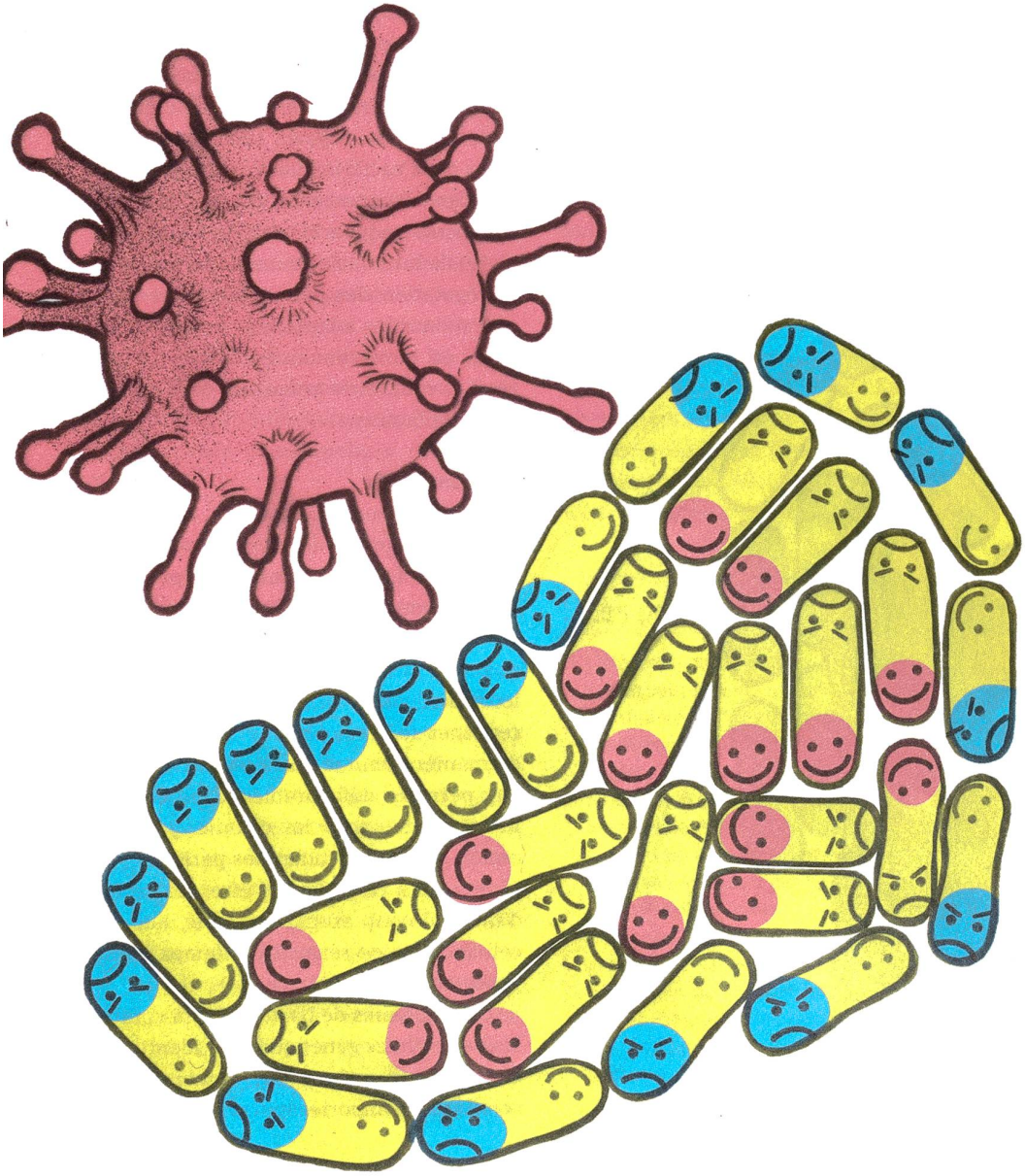
Mais ce n'est pas le cas. «Cette théorie est dépassée», conclut Martin Ackermann. Pour les bactéries, uniformiser la régulation de leurs gènes du stress ne présente aucun avantage. Au contraire, plus elles s'en remettent au hasard, plus la diversité de la résistance au stress est grande chez les cellules sœurs, et plus ces dernières ont tendance à se partager le travail. Le scientifique connaît de nombreux exemples qui montrent que «les bactéries jouent à pile ou face». Son groupe de recherche étudie le phénomène s'agissant des bactéries qui fixent l'azote dans les lacs suisses, ainsi que dans le cas des salmonelles, dont une minorité se sacrifie en attaquant nos cellules intestinales. Ces altruistes provoquent ainsi une réaction de défense, qui profite à leurs sœurs génétiquement identiques.

Cette manière de se concentrer sur l'individualité des cellules autorise à envisager de façon nouvelle certains champs bien connus de la microbiologie de l'environnement, comme l'épuration des eaux. «Nos recherches sur les cellules prises une à une au sein des systèmes complexes nous permettent d'étudier qui fait quoi, et démontrent l'importance de l'individualité», fait valoir Martin Ackermann.

Lucas Pelkmans a aussi beaucoup à dire sur l'individualité des cellules. Avec son équipe de l'Université de Zurich, il étudie la biologie systémique des amas cellulaires humains. Leurs cellules sont toutes génétiquement identiques, mais leur comportement diffère. Une cellule est plus sensible ou plus résistante à certains virus suivant qu'elle se trouve au milieu ou vers le bord de l'amas.

«Le fait de connaître le comportement moyen de millions de cellules ne dit pas grand-chose du comportement de la cellule individuelle», explique le chercheur. Il faut comprendre, poursuit-il, que de nouveaux critères de sélection émergent quand un amas, fait de cellules identiques, forme une colonie. L'amas cellulaire profite d'un partage du travail qui s'accompagne d'un degré supplémentaire de régulation de la croissance cellulaire individuelle. Lucas Pelkmans a découvert une variable qui joue un rôle important dans ce cadre: le contexte de la population cellulaire.

Ce dernier permet de prédire, en termes de probabilité, quelles cellules seront infestées par un virus, mais aussi d'expliquer le comportement individuel des cellules cancéreuses. Le fait que certains traitements contre le cancer soient très efficaces contre des cellules données, et à peine contre d'autres, dépend aussi du contexte de la population cellulaire. Pour la science, il s'agit maintenant de découvrir ses mécanismes de régulation, ce qui offrirait peut-être une possibilité de mettre en évidence de nouveaux angles d'attaque dans la lutte contre le cancer.



Schémas explicables

Au-delà de ces aspects d'utilité, le contexte de la population cellulaire contribue également à relativiser l'importance du hasard: le fait que des cellules sœurs, génétiquement identiques, se comportent différemment a peut-être moins à voir avec le bruit aléatoire qu'avec d'autres schémas régulés et explicables. Dans sa quête d'une meilleure compréhension de la complexité, Lucas Pelkmans a réussi à expliquer une part non élucidée jusqu'ici du hasard. En biologie, ce dernier est donc en train de reculer face à la nécessité. ■

Le conditionnement de la connaissance

Comment se fait-il qu'une personne fasse une découverte ? Réponse du sens commun : c'est parce qu'elle est particulièrement intelligente, voire un « génie ». La sociologie de la connaissance, sur laquelle se base l'étude actuelle des sciences et l'épistémologie, a déjà démystifié au début du siècle dernier cette représentation idéalisante et individualisante de la création de nouveaux savoirs. Le philosophe Karl Mannheim parlait de « conditionnement existentiel et social de la science ». Sans postuler comme le marxisme que le monde des idées est déterminé par l'économie, il mettait en avant l'influence du social sur l'esprit, tout dépendant de la classe sociale du savant et de ses conditions de travail. Ludwik Fleck, immunologue, a pour sa part évoqué le « moment social de l'émergence de la connaissance » ; le savoir émerge de manière supra-individuelle, les scientifiques sont toujours partie intégrante d'un « collectif de pensée » et d'un « style de pensée ». Autrement dit, le scientifique ne fait pas sa découverte tout seul, mais associé à d'autres, qui lui permettent de découvrir ce qu'il a découvert. Un processus dans lequel le hasard ne joue pas un rôle important. **uha** ■

Chocolat fondu

En 1945, un ingénieur passe devant le faisceau d'un radar. Peu après, il constate que la barre de chocolat qu'il conserve dans sa poche a fondu. De cette rencontre fortuite entre cacao et rayonnement électromagnétique naîtra le four à micro-ondes, une des nombreuses inventions couramment attribuées au hasard. Mais celui-ci ne se résume-t-il pas uniquement au passage du chocolat dans un faisceau de micro-ondes ? En effet, l'histoire aurait pu en rester là si l'ingénieur, en scientifique curieux de nature, n'avait pas cherché à comprendre le phénomène dont il avait été le témoin, et s'il n'avait pas identifié ensuite une application permettant d'exploiter sa découverte. La science est faite d'observations et de questions, de tentatives de comprendre les premières et de répondre aux deuxièmes, et d'un soupçon de hasard… **pm** ■

L'art de la bonne science

Toutes les découvertes scientifiques sont dues au hasard, du moins pour une partie. Car le propos de la science, c'est de franchir la frontière du non-savoir et d'explorer le territoire qui se trouve au-delà. Certes, lorsqu'ils interviennent dans l'inconnu, les chercheurs avisés ont intérêt à mener leur tentative scientifique de manière à produire des résultats dénués d'ambiguïté. Mais ce qu'ils découvriront au cours de leur entreprise n'est ni planifiable ni prévisible. Souvent, ce sera quelque chose d'attendu, qui étaiera des suppositions et hypothèses formulées en amont. Plus rarement, quelque chose d'inattendu, qui fera vaciller les convictions régnant jusque-là. L'art de la bonne science réside dans une mentalité qui autorise l'inattendu et reste capable de le percevoir. **ori** ■

Au service d'une plus grande certitude

La physique quantique est capable de produire du pur hasard grâce aux particules élémentaires. Cela permet de concevoir des dispositifs de communication ou de casino en ligne plus sûrs. *Par Anton Vos*

Le hasard – le vrai – existe. Mieux: il est possible de l'exploiter afin de concevoir des dispositifs de communication, de casino en ligne ou encore de génération de codes secrets pour les cartes bancaires les moins risqués que l'on puisse imaginer. Ce hasard est quantique. Il concerne donc avant tout des objets très petits, comme les particules élémentaires. Mais il est appelé à accomplir de grandes choses. C'est en tout cas l'avis de Nicolas Gisin, professeur au Groupe de physique appliquée de l'Université de Genève et auteur d'un récent ouvrage sur la question*.

« Un événement arrive par hasard s'il est imprévu, explique le physicien genevois. Tout dépend de la question: imprévu pour qui? Le vrai hasard est celui qui est intrinsèquement imprévisible. C'est-à-dire que rien dans le passé de l'événement aléatoire ne permet de le prévoir avant qu'il ne survienne. »

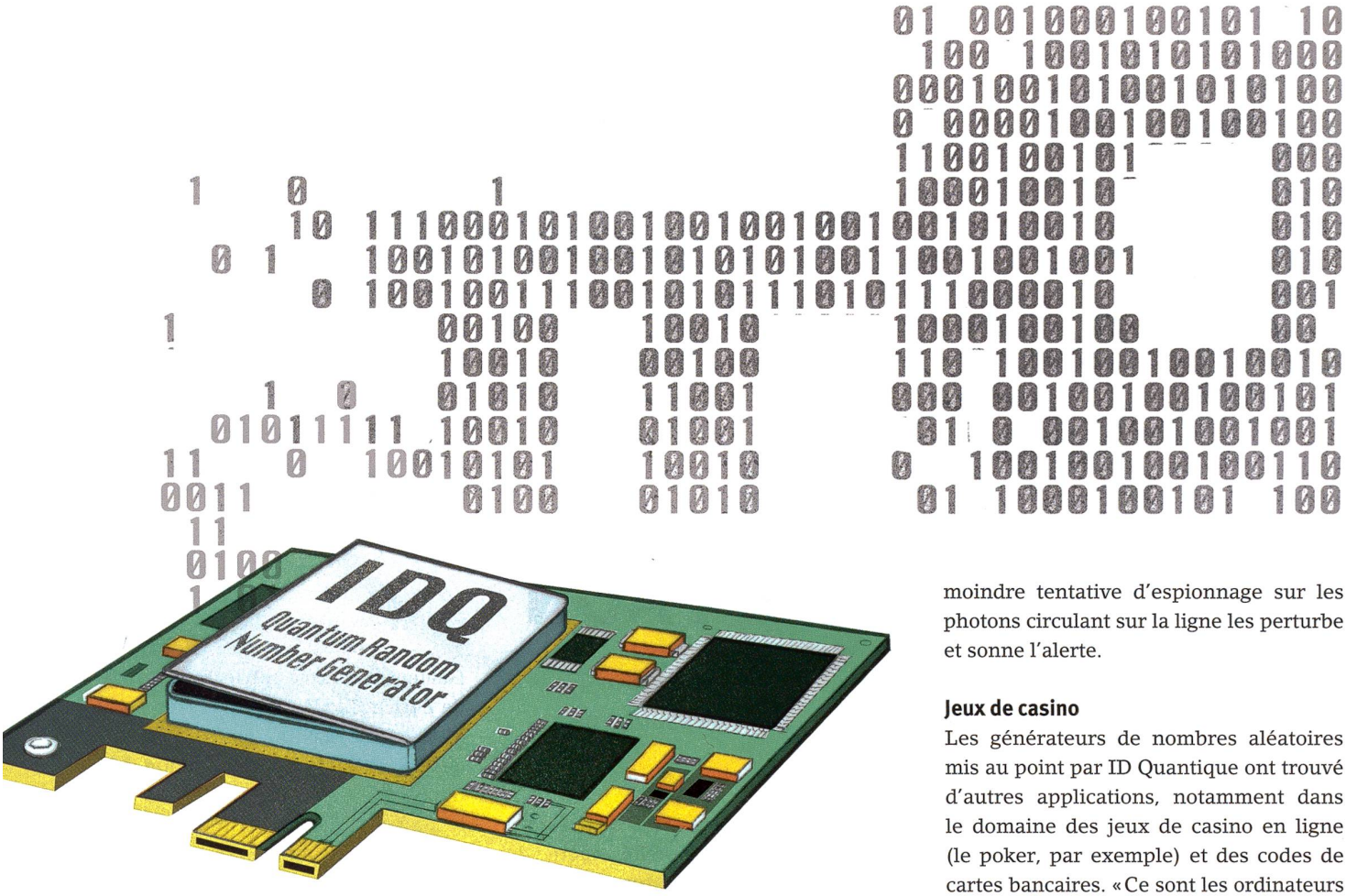
Le secret de ce hasard pas comme les autres réside dans la nature intime de la physique quantique. Il est ainsi impossible de prédire avec précision le résultat de certaines mesures, comme celle de la polarisation d'un photon. Rien dans la production de ce grain de lumière ne permet en effet de prédire si cette polarisation sera horizontale ou verticale. Le formalisme quantique décrit même le photon comme étant dans tous ses états possibles à la fois. C'est-à-dire que sa polarisation est horizontale et verticale en même temps. Ce n'est qu'au moment de la mesure que ce paramètre se fixe dans une direction ou dans l'autre, de manière totalement imprévisible pour l'observateur.

Miroir semi-transparent

Cette propriété permet de concevoir un générateur de nombres aléatoires. Il « suffit » pour cela de placer sur le trajet de ces photons un miroir semi-transparent qui ne laisse passer qu'une partie des particules (celles de polarisation horizontale) et réfléchit les autres. A l'aide d'appareils capables de détecter un photon à la fois, on peut alors attribuer un 0 à ceux qui traversent le miroir et un 1 aux autres. La succession de « bits » ainsi obtenue est alors parfaitement aléatoire.

Mais comment distinguer ce « vrai hasard » d'un hasard du type pile ou face puisque la probabilité d'obtenir un résultat plutôt que l'autre est d'un sur deux, dans les deux cas? « Dans le jeu de pile ou face, la complexité des microphénomènes en jeu est telle qu'il est impossible en pratique de prédire le résultat, admet Nicolas Gisin. Mais cette impossibilité n'est pas intrinsèque, elle n'est que le résultat de nombreuses petites causes qui s'imbriquent pour produire le résultat. Si l'on suivait avec suffisamment d'attention et de moyens de calculs le détail de l'évolution de la pièce, alors on pourrait prédire la face que la pièce exhiberait en fin de course. »

Pour faire la différence entre le jeu de pile ou face et la mesure purement



aléatoire de la polarisation du photon, les chercheurs disposent d'un outil, tiré d'un théorème que le physicien irlandais John Bell a mis au point dans les années 1960. Il s'agit d'une équation (une inégalité en réalité) à laquelle obéissent tous les événements réductibles à un mécanisme déterministe, mais qui est violée lorsque l'on a affaire à du vrai hasard.

Il aura fallu attendre 1983 pour que le physicien français Alain Aspect crée, le premier, un dispositif expérimental permettant de montrer que le vrai hasard est une réalité de ce monde. Le chercheur, qui signe d'ailleurs la préface du livre de Nicolas Gisin, a alors réussi à créer des paires de photons qui violent l'inégalité de Bell. Une prouesse que même Albert Einstein croyait irréalisable, lui qui affirmait que « Dieu ne joue pas aux dés ».

Car le problème avec le vrai hasard, c'est qu'il est inséparable, selon la physique quantique, d'une autre notion qui est la non-localité. Ce phénomène contre-intuitif permet à deux photons d'être « intriqués ». Cela signifie qu'une action sur le premier (la mesure de sa polarité, par exemple) est susceptible d'influencer immédiatement l'état du second, quelle que soit la distance qui les sépare, comme si l'information dépassait la vitesse de la lumière. En réalité, aucune information ne transite. Les photons sont considérés, aux yeux de la physique quantique, comme un seul et même objet matérialisé à deux endroits différents de l'espace. C'est cette propriété, inexistante dans le monde classique, qu'Alain Aspect a mise en évidence.

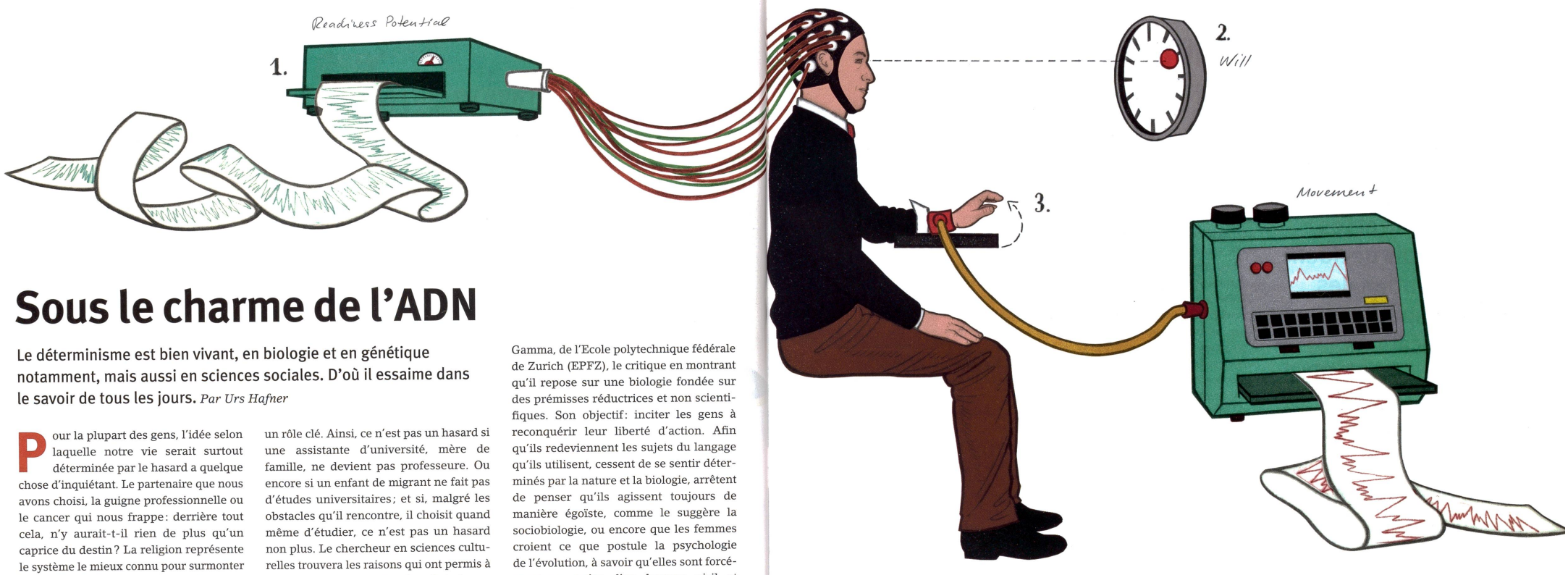
Depuis, de nombreuses expériences ont été menées sur le sujet, notamment par le laboratoire genevois d'où est issue une start-up, ID Quantique. Cette dernière commercialise un système de cryptographie quantique qui exploite les propriétés d'intrication des photons. Il permet une communication électronique inviolable entre deux correspondants grâce à la production de clés de cryptage qui sont non seulement parfaitement aléatoires (donc incassables par un éventuel pirate, même muni du meilleur ordinateur) mais aussi impossibles à intercepter, puisque la moindre tentative d'espionnage sur les photons circulant sur la ligne les perturbe et sonne l'alerte.

Jeux de casino

Les générateurs de nombres aléatoires mis au point par ID Quantique ont trouvé d'autres applications, notamment dans le domaine des jeux de casino en ligne (le poker, par exemple) et des codes de cartes bancaires. « Ce sont les ordinateurs qui produisent aujourd'hui les nombres ‹pseudo-aléatoires› indispensables à ces activités, explique Nicolas Gisin. Ils sont créés par des algorithmes. Même s'ils sont très difficiles à deviner, ils ne relèvent pas du vrai hasard, ce qui peut poser des problèmes. Une personne malveillante à l'intérieur de l'entreprise pourrait découvrir le programme informatique et prévoir les nombres qui vont sortir, autrement dit, les prochains codes de carte bancaire ou la main de son adversaire au poker. » La quantique pourrait y mettre bon ordre.

La conception assistée par ordinateur d'engins tels des prototypes d'avion pourrait également profiter du vrai hasard. Les simulations des conditions de vol très changeantes se basent en effet, eux aussi, sur des nombres « pseudo-aléatoires ». Le souci, c'est qu'il est arrivé que le prototype, qui se comportait parfaitement bien dans les airs tant qu'il n'existait que sur l'écran, vole en réalité très mal une fois construit. A cause de l'absence de vrai hasard lors de la simulation! ■

*Nicolas Gisin: *L'impensable hasard. Non localité, téléportation et autres merveilles quantiques.* Editions Odile Jacob, Paris, 2012, 161 p.



Sous le charme de l'ADN

Le déterminisme est bien vivant, en biologie et en génétique notamment, mais aussi en sciences sociales. D'où il essaime dans le savoir de tous les jours. *Par Urs Hafner*

Pour la plupart des gens, l'idée selon laquelle notre vie serait surtout déterminée par le hasard a quelque chose d'inquiétant. Le partenaire que nous avons choisi, la guigne professionnelle ou le cancer qui nous frappe: derrière tout cela, n'y aurait-t-il rien de plus qu'un caprice du destin? La religion représente le système le mieux connu pour surmonter les contingences. Sa promesse d'une vie après la mort distrait l'individu de l'idée offensante que sa propre existence serait le fruit du hasard, voire inutile. Quant aux coïncidences heureuses et moins heureuses, elle les attribue à ses actes vertueux, à ses péchés ou à une impénétrable décision divine.

Marx et Weber

Aux questions de savoir pourquoi un chemin de vie prend tel tournant et non tel autre, pourquoi telle personne est libre d'exercer sa domination et telle autre sommée d'obéir, les sciences culturelles ont elles aussi des réponses. Le concept d'habitus de Pierre Bourdieu, par exemple, qui s'appuie sur les théories sociales de Max Weber et de Karl Marx, permet de reconstituer de manière convaincante les étapes et les tournants d'une biographie; l'origine sociale y joue un rôle clé. Ainsi, ce n'est pas un hasard si une assistante d'université, mère de famille, ne devient pas professeure. Ou encore si un enfant de migrant ne fait pas d'études universitaires; et si, malgré les obstacles qu'il rencontre, il choisit quand même d'étudier, ce n'est pas un hasard non plus. Le chercheur en sciences culturelles trouvera les raisons qui ont permis à cet individu de surmonter les obstacles.

Mais les sciences culturelles n'excluent pas catégoriquement le hasard, contrairement à certaines religions fondamentalistes ou aux sciences déterministes, qui se sont formées dans le vaste champ de la génétique, de la théorie de l'évolution et de la recherche sur le cerveau. De là, elles ont essaimé dans les sciences sociales – dans les neurosciences sociales, dans la neuro-économie, la neuropsychologie, la sociobiologie, une discipline déjà un peu plus ancienne – et dans le savoir de tous les jours. Le discours qui parle de «bons gènes», auxquels nous devrions telle ou telle compétence, ou encore de l'«ADN d'un peuple», dans lequel serait inscrite une tendance à l'oisiveté, est aujourd'hui généralisé.

Le déterminisme génétique exclut le hasard, mais aussi la liberté de l'être humain. Biologiste et philosophe, Alex Gamma, de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), le critique en montrant qu'il repose sur une biologie fondée sur des prémisses réductrices et non scientifiques. Son objectif: inciter les gens à reconquérir leur liberté d'action. Afin qu'ils redeviennent les sujets du langage qu'ils utilisent, cessent de se sentir déterminés par la nature et la biologie, arrêtent de penser qu'ils agissent toujours de manière égoïste, comme le suggère la sociobiologie, ou encore que les femmes croient ce que postule la psychologie de l'évolution, à savoir qu'elles sont forcément en quête d'un homme viril et fortuné. «Biologie de la libération», le projet de recherche d'Alex Gamma, entend libérer les êtres humains des chaînes d'une biologie réductionniste.

Déterminisme omniprésent

La pensée et le discours du déterminisme génétique sont omniprésents et trouvent un puissant soutien dans «la métaphore de l'information», estime Alex Gamma. Cette dernière est devenue, depuis 1950, la forme linguistique dominante dans la science et les médias, «et décrit l'effet des gènes qui informent, instruisent, spécifient et programment, alors qu'il n'existe aucune preuve d'un primat causal de ces derniers». Selon le chercheur, la biologie moléculaire a repris avec enthousiasme et les yeux fermés la notion d'information dans son programme et en a fait une composante fondamentale de son «dogme central», formulé par Francis Crick, lauréat du prix Nobel. En biologie de l'évolution, les gènes ont un statut comparable à celui qui est le leur dans l'ontogénèse. Ils sont généralement les seuls facteurs de causalité considérés comme héréditaires. «L'évolution reste encore largement une évolution génétique», constate Alex Gamma.

Certains représentants de la recherche sur le cerveau dénient tout libre arbitre à l'être humain. La célèbre expérience de Libet, conduite en 1970, aurait démontré que, dans le cerveau humain, présumé initier une action de manière autonome, la décision est déjà chimiquement déclenchée quelques fractions de secondes auparavant. «Les auteurs de cette expérience n'ont pas pris en considération l'éventualité d'un déclenchement inconscient de la décision», relève Michael Hampe, professeur de philosophie à l'EPFZ, qui dirige le projet «Biologie de la libération», et qui, dans son perspicace essai «Macht des Zufalls» [Pouvoir du hasard] (2006), conclut que plus l'être humain tente de mettre le hasard hors circuit, plus celui-ci gagne en importance.

«Les adversaires du libre arbitre nourrissent une conception beaucoup trop simple de la liberté», analyse le philosophe. Lequel précise que l'on n'est pas libre lorsqu'on fait quelque chose que l'on ne veut pas faire. Mais, note-t-il, être libre ne signifie pas, comme le sous-entendent les spécialistes de la recherche sur le cerveau, l'absence de tout déterminant de l'action. Il n'y a pas de décision qui ne soit pas déterminée, selon lui. Chaque personne est confrontée à des restrictions biologiques, sociales et juridiques, mais peut les combattre, précisément parce qu'elle sait que ces dernières existent. Seul celui qui les connaît est capable de discerner les brèches et d'agir en conséquence.

Concurrence acharnée

Pour Michael Hampe, l'une des raisons de l'attrait du déterminisme génétique réside dans la concurrence acharnée pour les subsides de recherche. Les scientifiques se voient contraints de faire de plus en plus de publicité pour obtenir des fonds, dit-il, ce qui les pousse à promettre d'emblée des résultats grandioses, tels que le décryptage de l'essence de l'être humain. Toutefois, rappelle le chercheur, «les cerfs qui ont les plus grands bois ne sont pas les plus rapides». ■