

Des chercheurs entrent en résistance

Le 22 avril, citoyens et professionnels se mobiliseront dans plus de 500 villes dans le monde entier. Le mouvement, né après l'investiture de Donald Trump aux Etats-Unis, se veut non partisan et défend la recherche et la démarche scientifique, fondées sur des faits vérifiés et la rationalité

Roberto Vargiolu, petite main devenu chercheur

Poussé par sa curiosité et ses collègues, cet ancien technicien de laboratoire a soutenu une thèse en tribologie.

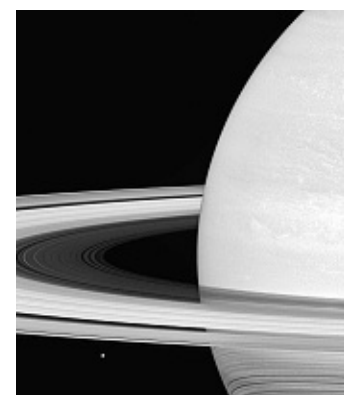
PAGE 8



Cassini, l'ultime mission

Avant de s'écraser sur Saturne, la sonde va tenter plusieurs passages entre la planète et ses anneaux, afin de mieux les connaître.

PAGE 2



AVC : stimuler le cerveau pour recouvrer la vue

Des équipes américaines et françaises mettent au point des techniques réduisant les zones du cerveau assurant la vision, lésées par les accidents vasculaires cérébraux. En France, 23 % des 140 000 cas annuels de ces lésions nerveuses se traduisent par un déficit visuel.

PAGE 3

CORINE LESNES (SAN FRANCISCO, CORRESPONDANTE),
PIERRE BARTHÉLÉMY ET DAVID LAROUSSE

Mon superpouvoir c'est la science», «Levez-vous pour la science!», «De la science pas du silence», «La science c'est vrai», «Liberté = vérité»... Sur les tee-shirts, les pancartes, les tracts, les slogans sont prêts. Le 22 avril, jour de la Terre, dans plus de 500 villes dans le monde, des chercheurs et des citoyens vont marcher pour défendre les sciences. Le mouvement est parti spontanément de discussions en ligne aux Etats-Unis, quelques jours après l'investiture du président Donald Trump, le 20 janvier.

A quelques jours de l'événement, l'excitation est grande dans la communauté scientifique. Ce dimanche de printemps, au cœur du parc du Golden Gate à San Francisco, devant l'Académie des sciences de Californie, qui abrite un musée d'histoire naturelle, un groupe de chercheurs interpelle les passants. Les militants sont des néophytes, qui

descendent rarement dans la rue, mais la campagne et les premières décisions de Donald Trump les ont poussés hors de leurs laboratoires.

Mars plutôt que la Terre

Entre autres, il y a eu la nomination d'un climatologue sceptique, Scott Pruitt, à la tête de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA). Puis les restrictions de circulation, finalement annulées, pour les étrangers de certains pays musulmans. Ou bien la panique, dans certains laboratoires, de voir des données scientifiques disparaître et la mise sur pied, par des volontaires, de mesures de sauvegarde d'urgence. Puis, mi-mars, des annonces de coupes budgétaires sans précédent dans les budgets de l'EPA (-31%), des Instituts nationaux de la santé (NIH, -18%), du département de l'énergie (-17%, dont -50 % sur la ligne recherche et développement de cette administration). A quoi il faut ajouter les critiques récurrentes et méprisantes de l' élu républicain Lamar Smith sur l'utilité de projets de recherche financés par la Fondation nationale des sciences

(au budget de plus de 7 milliards de dollars, pour l'instant non concerné par les annonces préliminaires). La barque est bien chargée.

Seule la NASA semble préserver l'essentiel avec un budget 2018 ne subissant qu'une légère baisse (19,1 milliards de dollars, contre 19,5 milliards pour l'exercice en cours). La réalité est plus contrastée : autant le programme martien est mis en majesté, avec notamment l'objectif d'envoyer des hommes sur la Planète rouge, autant ceux d'observation de la Terre et de son environnement devront se serrer la ceinture. Pas moins de quatre projets de satellites risqueraient ainsi d'être annulés...

«Ce budget sera un désastre pour la place des Etats-Unis dans les sciences et technologies et pour la contribution des sciences à la qualité de vie et à la sécurité des citoyens américains», assène John Holdren, professeur de politique environnementale à l'université de Harvard et dernier directeur du bureau de la science et de la technologie à la Maison blanche sous Barack Obama.

➔ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

La sonde Cassini entame son « Grand Finale »

ASTRONOMIE - Avant de s'écraser sur Saturne, la sonde spatiale bientôt à court de carburant débutera une manœuvre risquée entre la géante gazeuse et ses célèbres anneaux pour essayer de les « peser » et ainsi éclairer les scientifiques sur leur genèse

Cela faisait treize ans qu'elle gravitait autour de Saturne. Mais pour la sonde Cassini, voici venu le moment du grand saut avant le plongeon final. Le 22 avril, après un 126^e et ultime survol, à 979 kilomètres d'altitude, de la lune Titan, l'engin spatial de la NASA, de l'Agence spatiale européenne (ESA) et de l'Agence spatiale italienne, infléchira sa course pour occuper une orbite elliptique qui le fera traverser, quatre jours plus tard, une région particulièrement mal connue du système solaire : celle séparant Saturne de ses célèbres anneaux. Ce premier passage sera suivi de 21 autres tous les six jours, la durée d'un tour complet de l'astre géant. Cet ultime ballet cosmique de la mission Cassini-Huygens s'achèvera ensuite, le 15 septembre prochain, par une descente et une désintégration dans la haute atmosphère de Saturne.

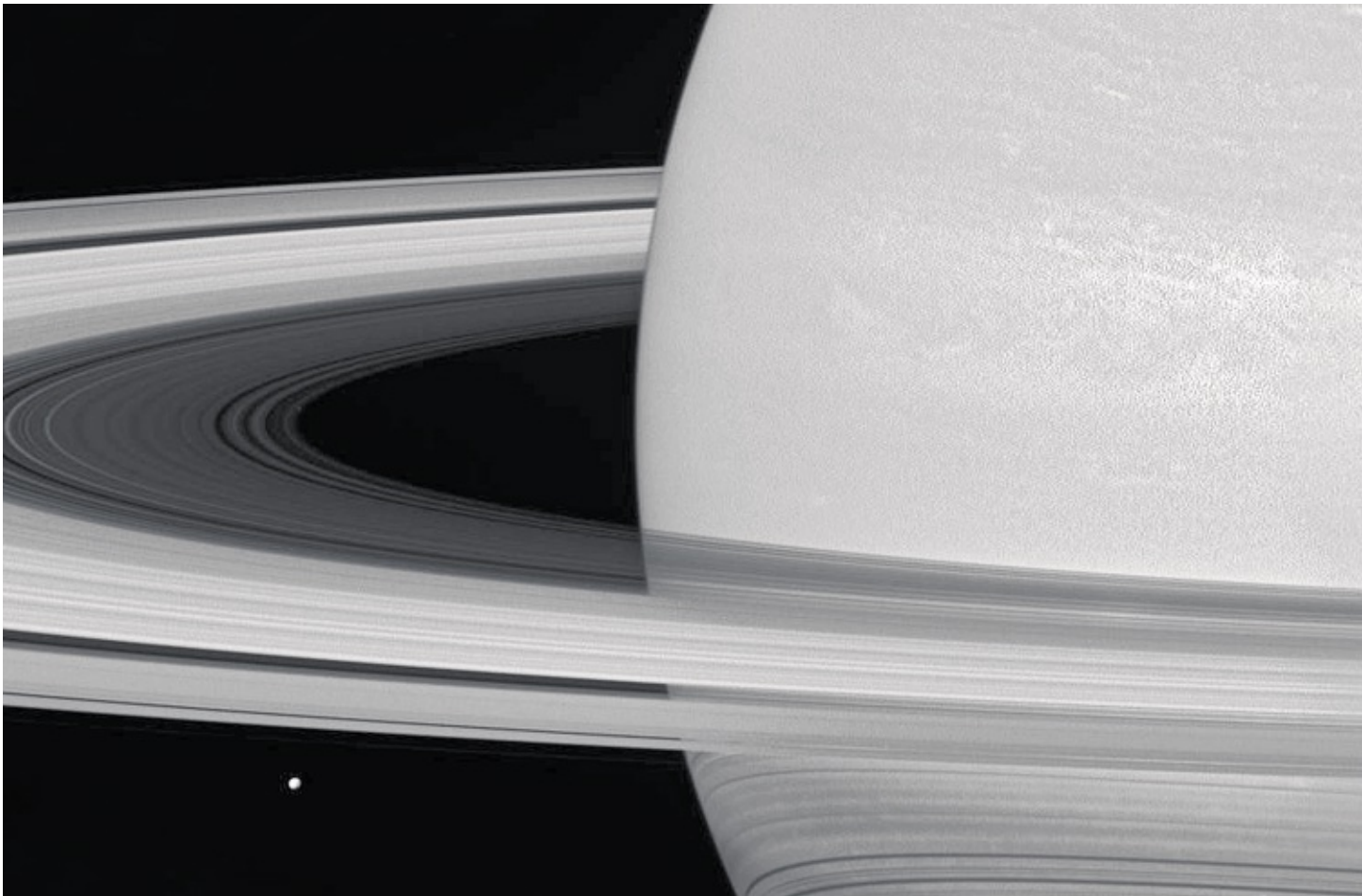
La campagne qui vient de débiter durera à peine cent quarante-six jours, mais elle est très attendue par les astronomes. C'est que, rappelle le responsable du directoire des missions scientifiques de la NASA, le Suisse Thomas Zurbuchen : « *Jamais un vaisseau spatial ne s'est aventuré dans cette zone.* » Large de 2400 kilomètres, celle-ci pourrait contenir des micrométéorites qui, lancées à pleine vitesse, seraient susceptibles d'endommager la sonde. C'est pourquoi Cassini réalisera ses traversées l'antenne orientée vers l'avant. « *De fait, explique Nicolas Altobelli, responsable de la mission scientifique de Cassini pour l'ESA, la décision de cette exploration a été prise uniquement parce que la sonde était condamnée.* »

Un disque vinyle gris, ivoire et bleu

Celle-ci, bientôt à court de carburant, pourrait, si elle devait être livrée à elle-même, finir par rencontrer sur sa trajectoire l'un ou l'autre des nombreux satellites de Saturne. Or, plusieurs de ces lunes, telle Encelade ou Titan, sont considérées comme susceptibles, sinon d'abriter de la vie, du moins, en raison des processus complexes de chimie organique qui s'y déroulent, de présenter des conditions propices à son émergence. D'où le choix de mettre fin à la mission en précipitant l'engin dans la planète géante plutôt que de risquer de contaminer ces terrains. Et ce, malgré les multiples précautions qui avaient été prises avant le décollage en 1997 et après vingt années passées dans l'espace.

De l'activité hydrothermale dans le sous-sol d'Encelade

Des processus hydrothermaux, semblables à ceux alimentant sur Terre, en énergie, certains écosystèmes des fonds océaniques, seraient en œuvre sur l'un des satellites de Saturne. En analysant les données récoltées en 2015 par la sonde Cassini lors d'un de ses survols à basse altitude d'Encelade, une équipe américaine a établi la présence d'hydrogène moléculaire (H₂) dans les panaches de vapeur et de particules jaillissant depuis la surface. Elle affirme dans la revue *Science* du 14 avril que ce composé est probablement généré, en profondeur, lors de réactions chimiques survenant entre la roche chaude et l'eau d'un vaste océan, caché sous la surface. Selon ces chercheurs, cette « mer » pourrait ainsi présenter des conditions compatibles avec la présence de microbes méthanogènes, capables de survivre en l'absence de lumière, comme observé sur Terre.



Saturne et ses anneaux, photographiés par la sonde Cassini, fin novembre 2016. NASA/JPL-CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE

La manœuvre est présentée comme d'autant plus pertinente que si elle se déroule sans accroc, elle apportera des réponses à quelques-unes des grandes questions encore en suspens. Notamment l'origine des objets les plus emblématiques du système de Saturne : les fameux anneaux. Ces derniers forment sur les images envoyées par la sonde une sorte de disque vinyle coloré de gris, d'ivoire, de bleu, de rouge et de noir, dans lequel on distingue aisément quatre régions (les anneaux A, B, C et la Division Cassini). Bien que s'étalant sur plus de 48 000 kilomètres, de leurs bords internes à leurs bords externes, ces étonnantes structures concentriques ont une épaisseur maximale de... 10 mètres ! Constituées d'une multitude de « particules » de glace d'une taille comprise entre le millimètre et le décimètre, elles seraient faites à 99 % d'eau, même si certains astronomes contestent ce chiffre, et avancent l'idée qu'elles cachent des quantités importantes de silicate, de fer ou de molécules organiques.

Un grand apport de Cassini est d'avoir démontré non seulement que les anneaux contiennent par endroits, notamment au niveau de l'anneau le plus externe, des petites lunes, mais aussi qu'ils changent constamment d'apparence au gré des multiples ondulations qui les parcourent sans cesse. Comment sont-ils apparus ? L'un des objectifs de cette « mission dans la mission » qui débute est de tenter de le déterminer par le résultat d'une « pesée ». En mesurant très

précisément la trajectoire suivie par la sonde lors de ses 22 passages, les chercheurs espèrent en effet en déduire le champ de gravité produit par les anneaux et, de là, en déterminer la masse.

La connaissance de la masse totale des anneaux permettrait en particulier de trancher entre les différents scénarios relatifs à leur genèse. « *Actuellement, les astronomes imaginent qu'ils sont soit très anciens et massifs, soit jeunes et légers, résume Sébastien Charnoz, professeur à l'Institut de physique du globe de Paris. Dans la première hypothèse, ils seraient constitués des glaces d'un ancien satellite ou d'un objet de la ceinture de Kuiper qui, détruit par des effets de marées voilà 4,5 milliards d'années, aurait vu son noyau rocheux tomber dans Saturne ou être éjecté vers l'extérieur du Système solaire. La seconde théorie proposée envisage qu'ils soient le produit d'une collision survenue entre deux lunes, il y a cent millions d'années.* »

Des images inédites de la planète

La même méthode sera employée pour en savoir un peu plus sur Saturne elle-même. En effet, indique Thierry Fouchet, professeur à l'Observatoire de Paris : « *Au cours de son périple, Cassini va survoler, à de multiples reprises, ses pôles, à 40 000 kilomètres d'altitude, et son équateur, à seulement quelques milliers de kilomètres.* » Cela permettra de réaliser des images inédites, notamment du fameux motif nuageux hexagonal qui occupe en permanence, au nord, les hautes

latitudes. Mais aussi de cartographier avec précision le champ de gravité de la planète pour en déduire la taille de son éventuel noyau ou déterminer si les structures en « bandes » et « ceintures » visibles à sa surface se développent en grande profondeur. Lors de ses multiples « traversées », l'engin spatial apportera également de précieux renseignements sur la haute atmosphère de Saturne qui, pour la première fois, sera analysée in situ, pour établir sa densité, ses constituants gazeux ou la nature des particules de matières qui y circulent, probablement de la glace échappée des anneaux dont on connaîtra la composition.

« *Enfin, le "Grand Finale" de Cassini pourrait contribuer à expliquer pourquoi Saturne est la seule planète du Système solaire à posséder un champ magnétique aligné avec son axe de rotation* », indique Philippe Zarka, directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique à Paris. Ce curieux phénomène est probablement à l'origine de la difficulté qu'ont les astronomes à préciser la durée des journées saturniennes, dont les longueurs semblent fluctuer dans leurs enregistrements de plus ou moins une heure quarante-cinq. En mesurant très précisément le champ magnétique de Saturne et son rayonnement radio, la sonde Cassini pourrait, là encore, apporter des réponses... ■

VAHÉ TER MINASSIAN

Les cellules meurent dans les plis des tissus

BIOPHYSIQUE - Des chercheurs montrent que l'extrusion se produit dans des défauts d'alignement des tissus, comprimant les cellules

Dans notre corps, comment un tissu sait-il qu'il faut cesser de multiplier ses cellules pour croître ? Ou, à l'inverse, d'arrêter de détruire des cellules ? Ces questions peuvent sembler bizarres, mais chacun comprend bien que nos organes sont obligés d'y répondre, sous peine de graves dysfonctionnements. Cependant, pour les chercheurs, la régulation de ce phénomène vital reste mystérieuse. D'où l'importance des progrès réalisés par une équipe internationale de l'Institut de mécanobiologie de Singapour, de l'université Paris-Diderot et de celle d'Oxford, dans un article publié par *Nature* le 13 avril.

En permanence, il faut gérer l'équilibre entre, d'un côté, la

division cellulaire qui multiplie les cellules et, de l'autre, l'extrusion qui en évacue et en tue d'autres. Mais lesquelles ? « *Pour la première fois, un lien est établi entre la localisation de ces sites d'extrusion et des forces mécaniques* », explique Benoît Ladoux, chercheur au Centre national de la recherche scientifique à Singapour et Paris, responsable de l'équipe. Plus précisément, les cellules sont extrudées au niveau de défauts du tissu, des endroits où la régularité de l'empilement des cellules est rompue.

Comme des cristaux liquides
C'est que, fait nouveau également apporté par les chercheurs, le tissu modèle étudié a la propriété de grandir d'une façon régulière :

les cellules poussent côte à côte comme des briques mais au lieu d'adopter, comme on pourrait s'y attendre, une forme symétrique carrée, elles ont tendance à s'allonger en rectangle dans la même direction. Comme des bâtonnets ou des sortes de petits aimants. Ou comme un cristal liquide. Dans ces matériaux, l'orientation des axes optiques des cristaux empêche ou autorise le passage de la lumière, d'où leur intérêt pour les écrans.

En biologie, cette analogie comportementale avec les cristaux a mis les chercheurs sur la piste du rôle des défauts des endroits où le bel alignement est brisé spontanément. Il y en a de deux types. Soit des cellules se mettent soudain en

travers de la direction principale, soit une partie « s'aligne » à gauche et l'autre à droite. Vu de dessus, le premier défaut forme un T, tandis que l'autre forme un Y. Quoi qu'il en soit, comme les chercheurs ont pu le mesurer par des techniques dont ils sont spécialistes, les forces de pression qui s'exercent à ces endroits sont différentes, plus fortes dans les T que dans les Y et que dans un tissu bien aligné. Et c'est aussi là que le plus d'extrusion est observée !

Pour confirmer cette corrélation, les chercheurs ont modifié les cellules pour les rendre moins adhérentes entre elles. La baisse des interactions limite la cohésion globale, les cellules sont moins alignées, plus de défauts

apparaissent et finalement l'extrusion... augmente.

Recherches sur le cancer

Une autre série d'expériences appuie ce constat. Les chercheurs ont forcé un tissu à grandir dans une forme en étoile, qui génère plus de défauts topologiques et plus d'extrusion de cellules. Enfin, dans le même numéro de *Nature*, une équipe japonaise a également observé l'analogie des tissus cellulaires avec des cristaux liquides en repérant les défauts en T et Y, mais sans les associer à de l'extrusion.

« *C'est une nouvelle manière de voir ces processus de division et d'extrusion cellulaires* », insiste Benoît Ladoux. Bien entendu, les forces biomécaniques à l'œuvre

n'expliquent pas tout. Des cascades biochimiques agissent sur les cellules, comme les chercheurs l'ont aussi observé. A l'avenir, il s'agira d'étudier ces liens entre la chimie et la mécanique.

A plus court terme, l'équipe va s'intéresser à des tissus cancéreux. En effet, l'extrusion n'est pas sans rapport avec la capacité de cellules tumorales à s'extraire d'un tissu pour migrer vers un autre. Regarder l'orientation et les défauts d'un tissu pourrait-il permettre d'identifier des zones à risques ? A l'inverse, trouver des moyens de supprimer des défauts en jouant sur les contraintes mécaniques serait-il une piste pour de nouvelles thérapies ? ■

DAVID LAROUSSE

Un test génomique sur Internet contesté

GÉNÉTIQUE - La société américaine 23andMe a été autorisée à commercialiser un test en ligne de prédisposition à dix maladies. Une aberration, pour nombre de médecins français

C'est une décision qui fera date. Le 6 avril, la Food and Drug Administration (FDA), l'agence américaine en charge de la sécurité des aliments et des médicaments, a autorisé, aux Etats-Unis, un test génétique qui livre, sur la Toile, des prédictions sur les risques personnels de développer dix maladies. Ce test est commercialisé par la société californienne 23andMe. En France, la loi interdit le recours à de tels tests, hors de toute prescription médicale.

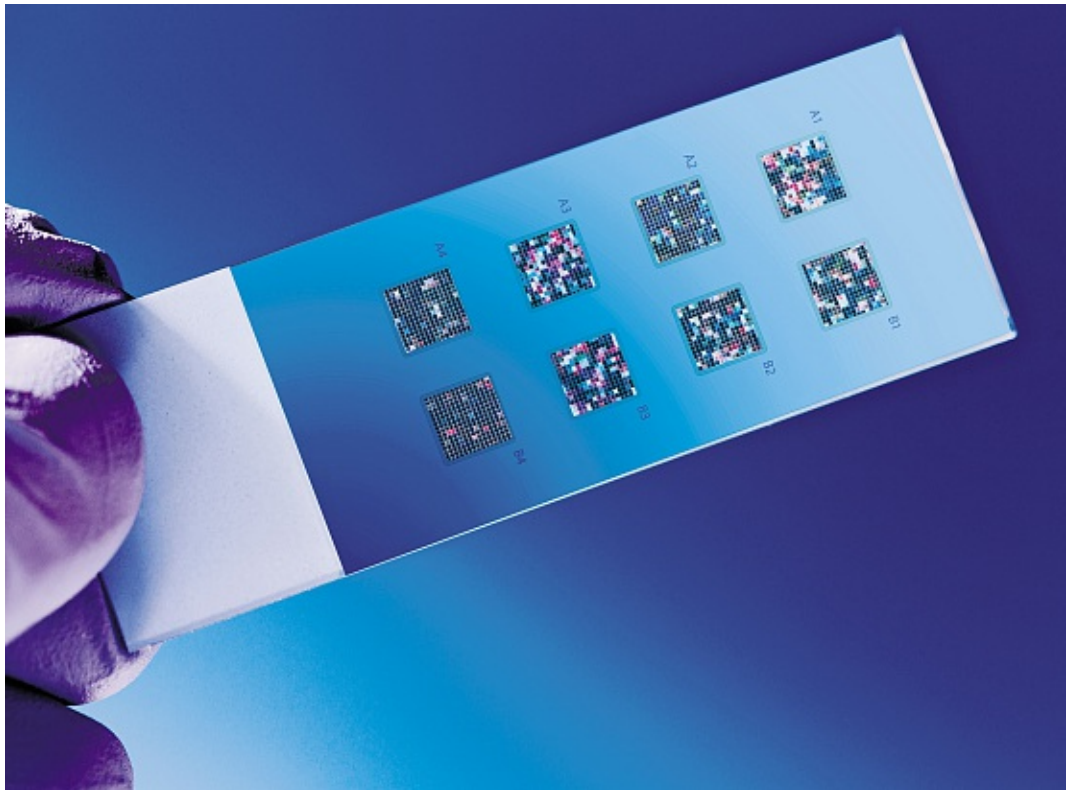
Quelle est la valeur prédictive de tels tests ? Et pour quelle utilité préventive ? La décision de la FDA est jugée « à contre-courant de la génomique médicale moderne » par Thierry Frébourg, du CHU de Rouen, « consternante et inquiétante » par Stanislas Lyonnet, directeur de l'institut Imagine (hôpital Necker, Paris). Face à eux, Jean-Louis Mandel, professeur honoraire au Collège de France, défend « la liberté de connaître les données de son propre génome ».

Moyennant 199 dollars, le test de 23andMe livre des estimations chiffrées du risque pour Alzheimer et Parkinson, mais aussi pour la maladie cœliaque (intolérance au gluten), la maladie de Gaucher, un trouble neuromusculaire, une surcharge en fer, deux troubles de la coagulation et deux déficits enzymatiques.

Un veto en 2013

La procédure est simple. Le client crache dans un petit tube qu'il expédie à 23andMe. Après extraction de l'ADN, une micropuce caractérise des « variants génétiques » propres à chacun. Très variables d'une personne à une autre, ces marqueurs sont corrélés à certains traits, comme la prédisposition à des maladies. Au bout de six à huit semaines, 23andMe envoie au client un mail avec un accès sécurisé à ses résultats.

Dès 2007, 23andMe s'était lancée dans la commercialisation de tels tests. Mais, en novembre 2013, la FDA avait mis son veto à leur interprétation médicale. Jugant que le test est un dispositif médical, la FDA a demandé à la société de prouver trois éléments : sa fiabilité technique, la solidité des interprétations, l'assurance que les clients en comprennent les enjeux.



Une puce à ADN sert à caractériser des « variants génétiques » chez le client. BSIP / SPL

Le 6 avril, la FDA a donc jugé les preuves de validité suffisantes pour autoriser le test. Mais, selon Thierry Frébourg, ce test regroupe un « méli-mélo de maladies aux bases génétiques très différentes ». Certaines, comme la maladie de Gaucher, sont des affections « monogéniques », entièrement déterminées par une mutation sur un gène. Mais la plupart des maladies analysées sont « plurifactorielles » : elles résultent de l'effet combiné d'une multitude de gènes dont le poids individuel est très faible, mais qui interagissent entre eux. En sus, le mode de vie et l'environnement interviennent. « On est très loin de disposer de modèles génétiques valides de ces maladies », souligne Stanislas Lyonnet. Le modèle sur lequel 23andMe fonde ses calculs reste « simpliste ».

A cela s'ajoute un degré de complexité insoupçonné. « Le séquençage massif de nos gènes a révélé l'ampleur de la variabilité de notre génome. Chacun de nous porte 20 000 variations génétiques, renchérit Thierry Frébourg. On ne

peut interpréter une analyse du génome sans connaître les données cliniques et familiales. »

Pour la maladie d'Alzheimer, par exemple, le test analyse un gène, l'APOE. Un de ses variants, l'APOE4, augmente le risque. « Si vous portez ce variant en un exemplaire, votre risque de développer la maladie est de 22 % à 35 % après 85 ans. Mais comment comprendre ce résultat ? Et qu'en faire ? », s'interroge Thierry Frébourg.

20 000 clients outre-Manche

C'est de fait une question cruciale : quid de la capacité des clients de 23andMe à comprendre les résultats de leurs tests ? Selon la FDA, une étude auprès des utilisateurs – menée par 23andMe – a montré que « les personnes utilisant ce type de tests comprennent plus de 90 % des informations délivrées ». Par ailleurs, 23andMe avait créé des filiales au Royaume-Uni et au Canada. Plus de 20 000 clients ont fait appel à ces tests au Royaume-Uni. « Nous n'avons déploré aucun incident », s'est réjouie Anne Wojcicki, directrice

générale de 23andMe, dans le *New York Times*.

Mais cela ne convainc ni Thierry Frébourg, ni Stanislas Lyonnet. « Il y a une valeur très particulière attachée à ces tests : ils révèlent une information impliquant votre hérédité », relève Stanislas Lyonnet. « Je ne prescris jamais un test génétique sans en avoir expliqué les limites et l'impact personnel et familial sur des choix de vie », insiste Thierry Frébourg.

Ces tests pointent aussi un troublant paradoxe. « Le modèle économique de 23andMe repose sur la vente de ses bases de données à des groupes pharmaceutiques, rappelle Patrick Gaudray, directeur de recherche au CNRS. La firme est engagée dans un processus d'acquisition de connaissances à partir de ses clients. » D'où cette ambiguïté : si l'intérêt individuel de ces tests est très faible, leur intérêt collectif est prometteur. Iconoclaste, Jean-Louis Mandel le souligne : les universités les plus prestigieuses – sauf en France – collaborent avec 23andMe. ■

FLORENCE ROSIER

TÉLESCOPE

BIOTECHNOLOGIES

La bataille de brevets sur Crispr relancée

L'université de Californie-Berkeley a décidé de faire appel de la décision rendue en février par l'Office américain des brevets (USPTO) sur la paternité de Crispr. L'USPTO avait alors estimé que le dossier déposé par le Broad Institute (MIT, Harvard) sur cette méthode d'édition du génome des plantes et des animaux était valable. L'établissement californien considère au contraire qu'une demande antérieure établie par ses soins, avec l'appui des scientifiques Jennifer Doudna et Emmanuelle Charpentier, portant sur le principe général de cet outil génétique, doit primer. Il reviendra aux juges fédéraux de trancher ce litige scientifique aux enjeux économiques considérables.

GLACIOLOGIE

Une fracture repérée dans un des plus grands glaciers groenlandais

La NASA, qui effectue actuellement une surveillance aérienne des glaciers groenlandais, a confirmé que l'un des plus grands d'entre eux, le glacier Petermann, était parcouru par une large fracture



(photo). Cette brèche, située de façon inhabituelle au milieu de la langue du glacier qui s'étend vers les eaux du détroit de Nares, au nord-ouest, avait été repérée sur des images satellites par Stef Lhermitte, chercheur à l'université de Delft. Si la nouvelle fracture identifiée faisait jonction avec une cassure plus classique proche du flanc du glacier, une portion mesurant 180 km² pourrait partir à la mer. En 2012, ce même glacier avait déjà perdu 260 km². (PHOTO : Gary Hoffmann/NASA)

15,6

C'est, en minutes, la durée de sommeil quotidienne que perd un enfant de moins de 3 ans pour chaque heure supplémentaire passée devant un écran tactile, selon une étude britannique publiée le 13 avril dans *Scientific Reports*. Les chercheurs ont interrogé par questionnaire 715 parents de bambins âgés de 6 à 36 mois sur leur exposition à ces écrans et leur sommeil. Le temps quotidien passé devant une télévision, une tablette ou un téléphone tactile était en moyenne de vingt-cinq minutes. Cette enquête, comme celles menées chez des enfants plus grands ou des adolescents, confirme l'impact délétère de ces pratiques sur le sommeil, avec une diminution de sa durée et un endormissement retardé. Aucune altération de la qualité du repos n'a en revanche été observée.

ÉLECTION

Des expériences de vote alternatif pendant la présidentielle

Comme à chaque présidentielle, plusieurs groupes de chercheurs en France essaient d'évaluer les avantages et inconvénients de bulletins de vote alternatifs. Seize bureaux (et 17 000 électeurs) testeront le vote par note (l'électeur note chaque candidat), par approbation (on peut voter pour plusieurs personnes) ou par classement. Sur Vote.imag.fr, chacun pourra aussi essayer ces bulletins. De même sur le site Internet www.jugementmajoritaire2017.com, l'électeur virtuel peut choisir entre cinq mentions (Très bien, Bien..., A rejeter) pour qualifier chaque candidat. Ces méthodes ont déjà montré leur intérêt pour en finir avec les votes « stratégiques », non sincères. Elles permettent aussi de mieux saisir, par un vote et non par sondage, les affinités électorales diverses d'une population, qui peut ainsi donner son opinion sur plusieurs candidats.

Des séquelles visuelles de l'AVC réversibles

NEUROLOGIE - Une stimulation lumineuse prometteuse a été testée par plusieurs équipes

Les séquelles visuelles de l'accident vasculaire cérébral (AVC) pourraient régresser même après plusieurs mois grâce à un programme informatique de stimulation visuelle. Le site de *Neurology*, journal de l'American Academy of Neurology, révèle le 12 avril les conclusions encourageantes d'une étude menée au Flaum Eye Institute de l'université de Rochester (Etat de New York).

L'AVC résulte, le plus souvent, de l'obstruction d'une artère du cerveau ou de la carotide par un caillot de sang, qui perturbe l'oxygénation et provoque des lésions nerveuses de la zone irriguée. Quelque 140 000 cas sont recensés chaque année en France, dont 60 % conservent des séquelles neurologiques – troubles de la mobilité ou de l'élocution –, selon la Fondation pour la recherche sur les AVC, et 23 % un déficit visuel.

« Les techniques actuelles de rééducation fonctionnelle de la vision post-AVC obtiennent des résultats peu probants », indique le docteur Philippe Azouvi, chef du service de réhabilitation neurologique à l'hôpital Raymond-Poincaré de Garches (Hauts-de-Seine).

L'équipe de la professeure Krystel Huxlin, du centre de recherche du Flaum Eye Institute, a développé un programme intensif individualisé à destination de personnes souffrant de cécité corticale – perturbation de la perception visuelle due à l'atteinte des deux lobes occipitaux (cortex visuel primaire) –, pour stimuler et régénérer cette partie du cerveau. Les patients ont été soumis à des projections alternant points et stries lumineuses lors de deux séances quotidiennes de trente minutes pendant au moins trois mois. Les exercices tendent à favoriser les capacités de discernement.

L'étude a mis en évidence une amélioration de l'acuité visuelle des dix-sept personnes traitées, quel que soit leur âge, le degré d'atteinte ou la durée des troubles, alors que la vision continuait de se dégrader au sein d'un groupe témoin de patients sans traitement.

Outil informatique

L'équipe avait testé une approche similaire sur un groupe de patients présentant une hémianopsie – déficit dans la moitié du champ visuel – qui avait permis à certains de recouvrer un discernement normal des objets et même de conduire à nouveau, selon l'université de Rochester.

Serge Picaud, directeur de recherche Inserm à l'Institut de la vision, à Paris, souligne des résultats novateurs. « La mise en évidence de l'importance de la stimulation dans le processus de réinnervation des zones du cerveau endomma-

gées par un AVC est une avancée prometteuse », déclare-t-il.

A la Fondation Adolphe de Rothschild, à Paris, un essai clinique, dans le même esprit, est actuellement en cours pour permettre de standardiser un outil informatique déjà développé et de le diffuser dans les centres de rééducation fonctionnelle. La neuropsychologue Sylvie Chokron s'appuie sur une théorie différenciant la vision consciente de la vision d'alerte. Si la vision consciente est altérée lors de lésions cérébrales, la vision inconsciente subsisterait, et c'est elle qu'il conviendrait de stimuler pour permettre de restaurer les capacités visuelles des patients. « L'outil informatique permet de projeter spécifiquement des objets dans le champ aveugle du patient et de stimuler ainsi la vision d'alerte », précise Sylvie Chokron. ■

CÉCILE BRAJEUL

Une marche contre la mise au pas de la science

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

Alors, pour convaincre notamment les parlementaires de réviser ce budget pendant les prochains mois de discussions, ceux qui passent sur le parvis de ce musée d'histoire naturelle de San Francisco sont invités à écrire, sur une ardoise ou une affiche, pourquoi ils «*aiment les sciences*». Beaucoup s'exécutent de bonne grâce, les enfants en première ligne. «*La science, c'est cool*», déclare un bambin qui sait déjà écrire. «*J'apprends des choses intéressantes sur les plantes*», renchérit son frère. A 85 ans, Larry Mersmann est ravi de donner son avis : «*Je soutiens la science parce qu'elle me permet de me brosser les dents avec des produits chimiques*», révèle-t-il. «*Parce que c'est un mélange parfait de logique et de mystère*», proclame une autre pancarte.

Comptes «alternatifs» sur Twitter

Rien de critique ni de négatif dans l'événement. Le message de la marche du 22 avril se veut positif, enthousiasmant, dynamique et non partisan. Il n'est pas question d'avoir l'air de «politiser» la science, et le nom de Donald Trump n'est même pas prononcé par les organisateurs. Mais personne n'est dupe. Jamais la physique et les mathématiques n'ont été aussi populaires aux Etats-Unis que depuis que l'ancien animateur de «The Apprentice», célèbre émission de télé-réalité, occupe la Maison Blanche. «La» science est devenue un terme générique, une allégorie de la «résistance», mot d'ordre déjà lancé dans des manifestations mi-février protestant contre les suspensions de visas pour certains étrangers.

Des chercheurs, déjà présents sur Twitter pour parler de leurs travaux, ont ouvert d'autres comptes plus «politiques». «*On ne peut plus se cantonner à être un électeur lambda*», explique George Thomason, un économiste qui ne s'était pas mobilisé depuis la guerre du Vietnam. D'autres encore ont créé des comptes «alternatifs» ou «renégats» pour contrer les consignes de restriction de l'expression des comptes officiels d'agences gouvernementales (NASA, EPA, NIH...). D'autres enfin, comme le biologiste du développement Michael Eisen ont annoncé qu'ils se présenteraient aux prochaines élections parlementaires. «*Je compte bien œuvrer avec d'autres auprès du secteur privé, de la société civile ou du monde académique pour corriger le budget*», indique John Holdren. «*La science est un langage qui a besoin de nos voix*», proclame Gary Schoofs, biologiste dont le père a fui l'Allemagne nazie en 1939.

Engagé donc, mais «épuisé», déclare Francis Aguisanda, 25 ans, en première année de doctorat à Stanford. «*Ça ne fait même pas cent jours depuis l'investiture de Trump, et j'ai déjà la tête qui tourne*». L'étudiant se destine à la recherche sur les cellules souches. Son père et son grand-père souffrent d'une maladie dégénérative qui les rend sourds, et il se doute qu'il est le prochain sur la liste. Sous George W. Bush, la recherche sur les cellules souches avait été sévèrement encadrée. Sous Obama, libéralisée.

«*Trump n'a pas dit grand-chose, mais Mike Pence [le vice-président, un chrétien traditionaliste] a pris position en faveur de l'arrêt du financement public de la recherche*», indique Francis Aguisanda. Le laboratoire où il travaille va peut-être disparaître. «*C'est terrible, pas seulement pour les scientifiques mais pour les gens que nous essayons de soigner*», s'alarme-t-il. Même à Stanford, institution riche, le privé n'y suffit pas. La politique fédérale reste prépondérante et les financements locaux suivent, ou pas. «*L'incertitude, c'est ça qui est difficile à vivre*, dit le jeune chercheur. *On n'a aucune idée de ce qui va nous arriver dans une semaine, un mois...*»

Monique Smith, 33 ans, «post-doc» dans le secteur des neurosciences à Stanford où elle étudie le rôle de la dopamine dans les addictions, est elle aussi directement affectée par les coupes énormes annoncées dans le budget des NIH ainsi que par une profonde réorganisation de l'institution. «*De 3 000 à 4 000 Ro1 sont menacés*», résume-t-elle, évoquant les bourses financées par les NIH pour soutenir un projet de recherche. Dans son labo, le moral est au plus bas. «*J'ai 80 000 dollars d'emprunts étudiant, j'ai trois diplômes, et je vais devoir quitter mon domaine*, redoute-t-elle. *Et une partie de ma famille a voté pour Trump...*»

Moins d'inscriptions d'étudiants étrangers

«*Il faut réaliser que l'importance des sciences de la Terre va bien au-delà de l'étude de l'influence de l'homme sur l'environnement. C'est un système d'observation qui aide à faire des prévisions météo, à préparer les populations aux catastrophes naturelles (ouragans, pollutions...), à les protéger du changement climatique ou à assurer la qualité de l'air et de l'eau*», rappelle Eric Rignot, un chercheur français de la NASA, qui regrette les coupes annoncées dans le domaine des sciences de la Terre et notamment l'arrêt d'au moins quatre missions spatiales sur ce thème.

Les mobilisations ont déjà commencé aux Etats-Unis, comme ici à Boston le 19 février. Ces scientifiques dénonçaient le discours de l'administration Trump contre la science en général et la recherche sur le climat en particulier.

(JESSICA RINALDI / THE BOSTON GLOBE VIA GETTY IMAGES)



Cette volonté de cibler certains programmes de recherche et de réviser les secteurs à financer avait déjà été exprimée durant la campagne, sur le site Sciencedebate.org. Par exemple, sur la santé, le candidat Donald Trump déclarait alors : «*En période de ressources limitées, on doit s'assurer que la nation en a pour son argent. On ne peut jeter l'argent à ces institutions et penser qu'on sera servi (...). Nos efforts de soutien à la recherche (...) devront être équilibrés avec les autres demandes.*»

D'autres signes ne trompent pas sur la faible appétence pour les sciences de la nouvelle

administration. Contrairement à Barack Obama, qui s'était entouré de Prix Nobel et de chercheurs de renom, Donald Trump n'a pas fait du domaine une priorité. Le 45^e président n'a pas encore nommé le conseiller scientifique de la Maison Blanche ni les cadres du bureau de la science et de la technologie, un groupe créé en 1976 par le Congrès. «*Ni les administrateurs de la NASA, ou de la National Oceanic and Atmospheric Administration ou encore des Centers for Disease Control and Prevention (Centres de prévention et de contrôles des maladies)*», liste John Holdren.

« LES COUPES BUDGÉTAIRES SERAIENT CATASTROPHIQUES »

Né en 1951 à Nedroma (Algérie) et parti à 24 ans aux Etats-Unis pour ses études postdoctorales de médecine, Elias Zerhouni y fait une carrière brillante. De 2002 à 2008, nommé par George W. Bush, il a occupé le poste de directeur des Instituts nationaux de la santé (NIH), les organismes fédéraux de la recherche biomédicale américaine. Depuis 2011, ce radiologue dirige la recherche mondiale de Sanofi. Disposant de la double nationalité algéro-américaine, il réagit aux projets de coupes budgétaires qui affecteraient les NIH si le Congrès les validait. Le 16 mars 2017, Donald Trump a en effet proposé de réduire de 18,3 % – soit d'environ 5,8 milliards de dollars – les ressources allouées aux NIH pour 2018.

Comment qualifieriez-vous les coupes budgétaires envisagées pour les NIH par l'administration Trump ?

Ce serait catastrophique ! Les NIH fonctionnent en allouant des subventions à des équipes de chercheurs pour cinq ans. Comme il faut poursuivre les engagements de financements en cours, si l'on ampute leur budget de près de 20 %, ce seront les nouveaux projets et les nouvelles idées qu'il faudra supprimer. Cela concerne tout le monde, pas seulement la recherche biomédicale. On risquerait de décourager la génération des jeunes chercheurs qui sont souvent à l'origine des percées scientifiques. Donc nous risquerions de voir la fin de projets en cours en même temps que cela empêcherait la création de nouvelles connaissances et d'innovations.

Cela vous semble-t-il possible ?

Par expérience, je sais qu'il existe au Congrès une volonté bipartisanne de soutenir la recherche des NIH et que les parlementaires savent avoir des discussions

adultes à ce sujet. J'espère donc que l'on n'en arrivera pas là. Mais, depuis 2003, le budget alloué à la science aux Etats-Unis a diminué de 15 % à 20 %. Il faut donc lutter pour le faire augmenter.

Concrètement, quel serait l'impact de telles coupes sur la recherche ?

Entre 5 000 et 10 000 programmes de recherche seraient menacés. Il faut aussi imaginer l'effet d'une suppression des fonds pour 20 % des 300 000 chercheurs qui travaillent dans la recherche biomédicale publique aux Etats-Unis. Cela déséquilibrerait tout l'écosystème des innovations, aussi bien au niveau des universités vis-à-vis des jeunes chercheurs que pour des projets de grande ampleur internationaux, comme l'a été celui sur le génome humain. Ce serait un message terrible pour les nouveaux chercheurs que d'avoir à leur dire «vous n'avez pas d'avenir».

Qu'est-ce que gérer le budget d'une énorme institution scientifique a de particulier ?

La stratégie scientifique n'est pas une activité à court terme. Elle ne s'accommode pas de grands à-coups et le cycle scientifique ne correspond pas au cycle politique, où l'on se préoccupe avant tout des résultats immédiats. La science est aussi un langage universel de paix et d'échange. Le progrès social repose largement sur une base scientifique et technique et l'on sait l'impact sur la société qu'ont la maladie d'Alzheimer ou les pandémies. De plus, dans la science, la technologie et l'innovation, ce qui est crucial, c'est le capital humain. Il n'est pas réservé à un pays ou à une institution. Cinquante pour cent des innovations ont été créées avec des immigrants. J'en suis un exemple.

Justement, les mesures de restriction à l'immigration aux Etats-Unis pour les ressortis-

sants de divers pays, notamment du monde arabe, ne vont-elles pas dans le sens contraire ?

Etablir des barrières artificielles à la libre circulation du capital humain est un obstacle au progrès des connaissances. L'un des facteurs les plus importants du développement technologique et scientifique est la possibilité d'exprimer son talent ou son génie. Les sociétés qui ont historiquement le plus bénéficié des sciences et des technologies sont celles qui ont accueilli le capital humain qui s'y consacrait. Nous risquons de voir d'autres flux qui iront ailleurs, vers la Chine...

Voyez-vous un lien entre les coupes budgétaires, les restrictions à l'immigration et la remise en cause de données scientifiques sur des bases idéologiques ?

Il existe de très longue date une course entre les connaissances et

l'ignorance sur le monde qui nous entoure. Ce n'est pas une question propre à un pays ou, aux Etats-Unis, un clivage entre républicains et démocrates, mais un conflit entre le rationnel et l'irrationnel, l'idéologie et les réactions épidermiques. Nous avons connu cela en Europe à l'époque de la Renaissance et c'est ce que je vois actuellement aux Etats-Unis. On ressent une grande tension. La Marche pour les sciences n'est en rien une initiative corporatiste ou une simple bataille sur un budget. Elle est une marche pour le rationalisme. La science a en partie perdu sa prééminence. Même en Europe, nous voyons monter le scepticisme, voire l'obscurantisme, par exemple sur les vaccins, alors qu'il est bien établi que l'absence de vaccins tue massivement. L'anecdote remplace la connaissance. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR PAUL BENKIMOUN



EN FRANCE, SOLIDARITÉ ET INQUIÉTUDES

Ces dernières années, les chercheurs français ont pris l'habitude de marcher. En 2004, des manifestations contre des coupes budgétaires drastiques conduisent à des Etats généraux de la recherche à Grenoble. En 2009, des « rondes des obstinés » marquent la désapprobation des réformes dites d'autonomie de l'université. En 2014, un collectif, Sciences en marche, rassemble à Paris des manifestants de tout le pays pour dénoncer la précarité dans les laboratoires et les manques de moyens. En 2016, des « Sciences debout » se lèvent lors des assemblées de Nuit debout qui prolongeaient les critiques de la loi travail. Et, le 22 avril, plusieurs milliers se retrouveront donc dans une vingtaine de villes de France (Angers, Brest, Bordeaux, Grenoble, Strasbourg...), en solidarité avec leurs collègues américains.

« C'est déjà un succès car nous sommes parvenus à un rassemblement large d'organismes, de syndicats, d'associations, de sociétés savantes, de blogueurs, depuis les sciences sociales jusqu'aux mathématiques », savoure Olivier Berné, astrophysicien du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à Toulouse et l'un des premiers initiateurs du volet français de la Marche pour les sciences. « C'est du jamais-vu ! C'est la première fois que des organismes de recherche prennent position et appellent à manifester », constate Jean-Paul Moatti, directeur de l'Institut de recherche pour le développement, qui sera présent à Paris le 22 avril. Les présidents du CNRS, de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), de l'Institut national de recherche en informatique et en automatique, du Commissariat à l'énergie atomique ont aussi relayé l'appel. « Les gens n'attendaient que cela pour se rassembler », constate Heather Etchevers, une biologiste de l'Inserm d'origine américaine et impliquée dans l'organisation marseillaise.

« C'est politique et non partisan », précise Patrick Lemaire, biologiste du CNRS à Montpellier, autre pionnier de l'initiative, ainsi que du mouvement Sciences en marche. Il reprend là le motto américain, qui veut éviter d'être perçu comme strictement anti-Trump. Parmi les revendications, développer la culture scientifique, rapprocher les sciences et la société ou défendre l'indépendance et la liberté de la recherche. Un autre point résonnera particulièrement à la veille du premier tour de la présidentielle : « Renforcer l'emploi de méthodes et résultats scientifiques dans le processus de décision politique. »

Eviter la confusion entre faits et opinions

Si les attaques contre la science n'ont pas été aussi virulentes qu'aux Etats-Unis, les organisateurs français notaient dans une tribune au Monde le 17 février que « les motifs d'inquiétude n'en restent pas moins nombreux ». Et de citer les critiques de l'apport des sciences sociales sur les questions de terrorisme ou d'immigration, les souhaits de retour au « roman national » en histoire ou les relents climatosceptiques chez l'ancien président de la République Nicolas Sarkozy. « Nous ne sommes pas à l'abri de la fabrication de faits ou de l'invention de vérités. C'est inquiétant que ces discours n'aient pas été rejetés », regrette Olivier Berné, qui veut comme les manifestants éviter les confusions entre faits et opinions. Les marcheurs en profiteront aussi pour critiquer « une vision trop utilitariste de la science », comme le rappelle Heather Etchevers : « Il faut investir dans les idées et la connaissance, sans forcément penser aux applications immédiates. »

« C'est la première fois depuis les Lumières que la science est en première ligne des affrontements géostratégiques. Elle sera en effet nécessaire pour résoudre les grandes questions de sécurité alimentaire, d'environnement, de santé... », pointe Jean-Paul Moatti. Pour alerter et porter ces inquiétudes, plusieurs actions seront menées, à suivre sur www.marchepourlessciences.fr : marche avec pancartes et banderoles, mais également pique-nique et saynètes théâtrales à Montpellier, table ronde à Toulouse, lecture à Marseille du poème que l'Américaine Jane Hirshfield a composé spécialement pour la marche et qui sera publié par le Washington Post ce jour-là... Rendez-vous est aussi pris pour l'après-22 avril, avec la rédaction d'un document synthétisant diverses propositions. ■

D. L.

« Seuls quelques-uns ont été nommés, alors qu'il y a des centaines de postes à pourvoir », déplore le chimiste Kishore Hari, un des coordinateurs nationaux de la Marche pour la science. Fils d'un ingénieur arrivé d'un village indien dans les années 1960, Kishore Hari manifeste aussi au nom de ce père à qui les Etats-Unis ont donné tant d'opportunités. « Il n'avait même pas de quoi se payer le billet d'avion. C'est le gouvernement américain qui le lui a offert, raconte-t-il. Aujourd'hui, ce genre d'histoire est en voie d'extinction. L'élection de Trump a eu un effet réfrigérant. »

Déjà, le nombre d'inscriptions d'étudiants étrangers est en baisse. Selon une étude citée le 16 mars par le New York Times, 40 % des universités font état d'une baisse des candidatures pour l'année 2017-2018. Un article de la revue Nature Biotechnology de 2012 rappelait aussi que 40 % de la force de travail dans les laboratoires des Etats-Unis est étrangère. Il y a un risque « de perte d'éléments les plus actifs et les plus productifs qui vont peut-être chercher des horizons meilleurs ailleurs qu'aux Etats-Unis », estime Eric Rignot.

Un nouvel obscurantisme

La Food and Drug Administration (FDA, l'agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux) n'a toujours pas de directeur, elle non plus. « Le type qui a été envisagé pour le poste trouve qu'il faut laisser le marché juger de l'innocuité des médicaments. C'est de la folie. Il n'y a aucun médicament dépourvu d'effets secondaires », remarque Leonard Tramiel, le fils du fondateur de Commodore et Atari Corporation. Il a inscrit lui aussi un message, sur son ardoise, en prévision de la manifestation du 22 avril : « La science ça marche. La vérité, ça compte. »

C'est là l'un des aspects sans doute les plus profonds et les plus spécifiques de cette marche, apparu après cette élection : le rejet de la tendance permanente du président à contester des faits établis, ou à en considérer certains comme des opinions ou bien encore à en inventer lui-même (« Le réchauffement climatique est un canular inventé par la Chine pour nuire à la compétitivité américaine »). D'où les mots d'ordre des organisateurs pour réclamer des décisions politiques basées sur des faits établis par la démarche scientifique plutôt que guidées par des intérêts économiques ou de l'idéologie. Côté français, on n'hésite pas non plus à dénoncer ce nouvel obscurantisme.

« IL Y A DES GENS QUI ONT DÉCIDÉ QU'ON POUVAIT SE PASSER DES FAITS ; QUE TOUTES LES OPINIONS AVAIENT AUTANT DE VALEUR »

RUSH HOLT
PATRON DE LA SOCIÉTÉ SAVANTE
ÉDITRICE DE LA REVUE « SCIENCE »

« Si Trump n'accepte pas les bases du raisonnement scientifique, on se demande où on en sera dans quatre ans », observe K.C. Nwogu, 30 ans, un informaticien de l'université d'Austin (Texas), de passage à San Francisco. Leonard Tramiel s'étrangle, lui, quand il entend l'expression « faits alternatifs ». « Plus que les restrictions budgétaires ou les entraves à l'entrée sur le territoire (...), il y a des gens qui ont décidé qu'on pouvait se passer des faits ; que toutes les opinions avaient autant de valeur, alors que les scientifiques passent leur vie à se référer aux faits, avec la conviction qu'en les soumettant à un processus de vérification, on développe des connaissances qui permettent d'améliorer la condition humaine. Un fait qui a résisté au processus scientifique, ce n'est pas la même chose qu'une opinion », estime Rush Holt, patron de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS), la société savante éditrice de la revue Science, cité par le journal du CNRS d'avril.

Monique Smith, la post-doc à Stanford, l'affirme : « Bien sûr que nous faisons de la politique, dans le sens où nous soutenons des politiques basées sur les faits. Mais nous ne voulons ostraciser personne. On ne veut pas que certains pensent que la science n'est pas faite pour eux. Ce mouvement n'est pas anti-Trump. Il est dirigé contre la culture qui s'oppose à la science. »

Pas question donc de manifester en blouse blanche le 22 avril. « Surtout pas », soupire Monique Smith. La science doit élargir ses rangs. Se départir de son image « hautaine ». Les chercheurs doivent montrer qu'ils sont des gens comme tout le monde, insiste Kishore Hari, qui dirige un festival éducatif des sciences à San Francisco. « Leurs travaux sont attaqués. On les traite de tricheurs et de

menteurs. Ils cherchent des soutiens parmi leurs concitoyens », estime-t-il. Plus de 500 marches sont prévues dont plus de 80 à l'étranger, jusque dans des pays pauvres comme le Ghana ou le Nigeria. Aux Etats-Unis, on défilera dans des localités qui descendent rarement dans la rue, comme Mobile, le port pétrolier de l'Alabama, ou Oklahoma City, la capitale d'un Etat parcouru de secousses sismiques, associées au développement de la fracturation hydraulique.

D.J. Patil, le « chief data scientist » de Barack Obama – il fut le premier à occuper ce poste – sera l'un des principaux orateurs à la marche de San Francisco. Autre intervenant, le directeur de l'Académie des sciences de Californie, Jonathan Foley. Contrairement à beaucoup, l'institution ne dépend pas de l'argent de Washington ; elle peut se permettre le luxe de l'indépendance. Son directeur, qui a abondamment dénoncé la « guerre contre la science », menée par certains républicains, ne craint pas de porter le fer contre la désinformation véhiculée par les climatosceptiques ou les créationnistes. Sous son impulsion, le musée diffuse auprès des professeurs des écoles des brochures visant à contrer la propagande anti-changement climatique diffusée par les groupes ultra-conservateurs comme le Heartland Institute, qui, fin mars, a annoncé avoir débuté l'expédition de brochures à près de 200 000 instituteurs.

L'Académie souhaite aussi améliorer la communication des scientifiques et les rapprocher des citoyens. « On ne peut pas blâmer le public. Le milieu lui-même est largement responsable du fait que la science paraît élitiste ou obscure, estime Brynn McNally, la porte-parole de M. Foley. Prenez les journaux scientifiques par exemple : on les met derrière un pare-feu payant, l'accès est réservé à l'élite. »

Pour M. Foley, lui-même spécialiste de l'environnement, il ne suffit pas de répéter que le changement climatique est réel. « Pour établir une véritable connexion avec le public, les scientifiques doivent offrir une vision positive de l'avenir, dans laquelle la science expose en quoi elle nous aide et comment elle fait progresser une cause noble », explique-t-il. Dans cette guerre psychologique, il faut « convaincre les cœurs et les esprits ». Si elle veut « réaffirmer son autorité morale », la science doit descendre dans la rue. ■

CORINE LESNES (SAN FRANCISCO, CORRESPONDANTE),
PIERRE BARTHÉLÉMY ET DAVID LAROUSSE

L'EXPOSITION

Le poison, cousin du médicament

« Venenum » raconte, depuis l'Antiquité, l'histoire des substances toxiques et rappelle qu'elles peuvent aussi servir en médecine

Venenum, c'est le mot latin signifiant autant « venin », « breuvage magique », « substance dangereuse » que « médicament ». Et l'exposition du même nom, qui se tiendra jusqu'au 7 janvier 2018 au Musée des Confluences, à Lyon, a pour parti pris d'explorer sous ses multiples facettes le rapport de l'homme au poison, entre fascination et répulsion.

Conçue par un comité scientifique pluridisciplinaire convoquant l'histoire, la biologie, la pharmacologie et l'anthropologie, elle décline les usages des poisons à travers les âges et les cultures, à la croisée entre état des connaissances et des techniques, enjeux sociétaux et pratiques culturelles.

Dès le début de l'exposition, le visiteur est invité à redécouvrir les grandes figures de l'empoisonnement, de Cléopâtre à Socrate dans l'Antiquité, aux célèbres empoisonneuses qui ont défrayé la chronique judiciaire aux XIX^e et XX^e siècles, en passant par la Renaissance italienne, âge d'or des poisons. Son intérêt est de faire résonner ces récits mythiques avec l'histoire contemporaine afin de questionner les nouvelles significations du terme *Venenum*.

Gaz moutarde, Zyklon B

La révolution chimique, au XX^e siècle, a doté l'homme de la capacité de renouveler les formules et les usages du poison et d'en démultiplier la portée, servant tant ses intentions de nuire que celles de guérir. Produits de la complicité entre l'Etat, l'armée et l'industrie, les armes chimiques sont ainsi capables de tuer à grande échelle, sans distinction des cibles. Le gaz moutarde durant la première guerre mondiale a fait plus de 100 000 morts. Une série de vidéos permet de mieux comprendre le rôle de l'industrie chimique, des enjeux politiques et des effets de ces armes, qu'il s'agisse du gaz moutarde, du Zyklon B utilisé dans les camps d'extermination nazis, de l'agent orange au Vietnam ou des récentes attaques en Syrie.

Mais les mêmes poisons peuvent aussi guérir. Il suffit parfois d'en modifier légèrement la formule chimique ou la dose pour obtenir un médicament. Le paclitaxel, extrait de l'écorce d'if, conifère connu depuis l'Antiquité pour sa toxicité, possède ainsi des propriétés anticancéreuses. Il est aujourd'hui produit par génie génétique et utilisé comme traitement, notamment contre le cancer du sein.

Par le jeu des perspectives, des animations poétiques projetées sur les murs et la variété des formes d'exploration du sujet – des écrans interactifs aux spécimens vivants d'espèces toxiques de serpents, de batraciens et de poissons –, l'exposition suggère la réflexion plutôt qu'elle ne l'impose. Et invite le visiteur à s'emparer de la thématique pour questionner les choix sociétaux par lesquels une même substance peut être considérée tantôt comme bénéfique, tantôt comme toxique. ■

CATHERINE MARY

« *Venenum, un monde empoisonné* », Musée des Confluences, Lyon, jusqu'au 7 janvier 2018. www.venenum.fr

L'AGENDA

EXPOSITION

Paris-Rennes en une bouchée

Pour célébrer la nouvelle ligne grande vitesse en Bretagne, trois lieux culturels de Rennes s'associent (bibliothèque, Espace des sciences et Musée de Bretagne). Au programme de « LGV1h25 Grande Vitesse » (allusion au temps entre Paris et Rennes), exposition historique, œuvres d'art inédites, conférences, mais aussi de la pédagogie sur les secrets technologiques et scientifiques de ces bolides ferroviaires.

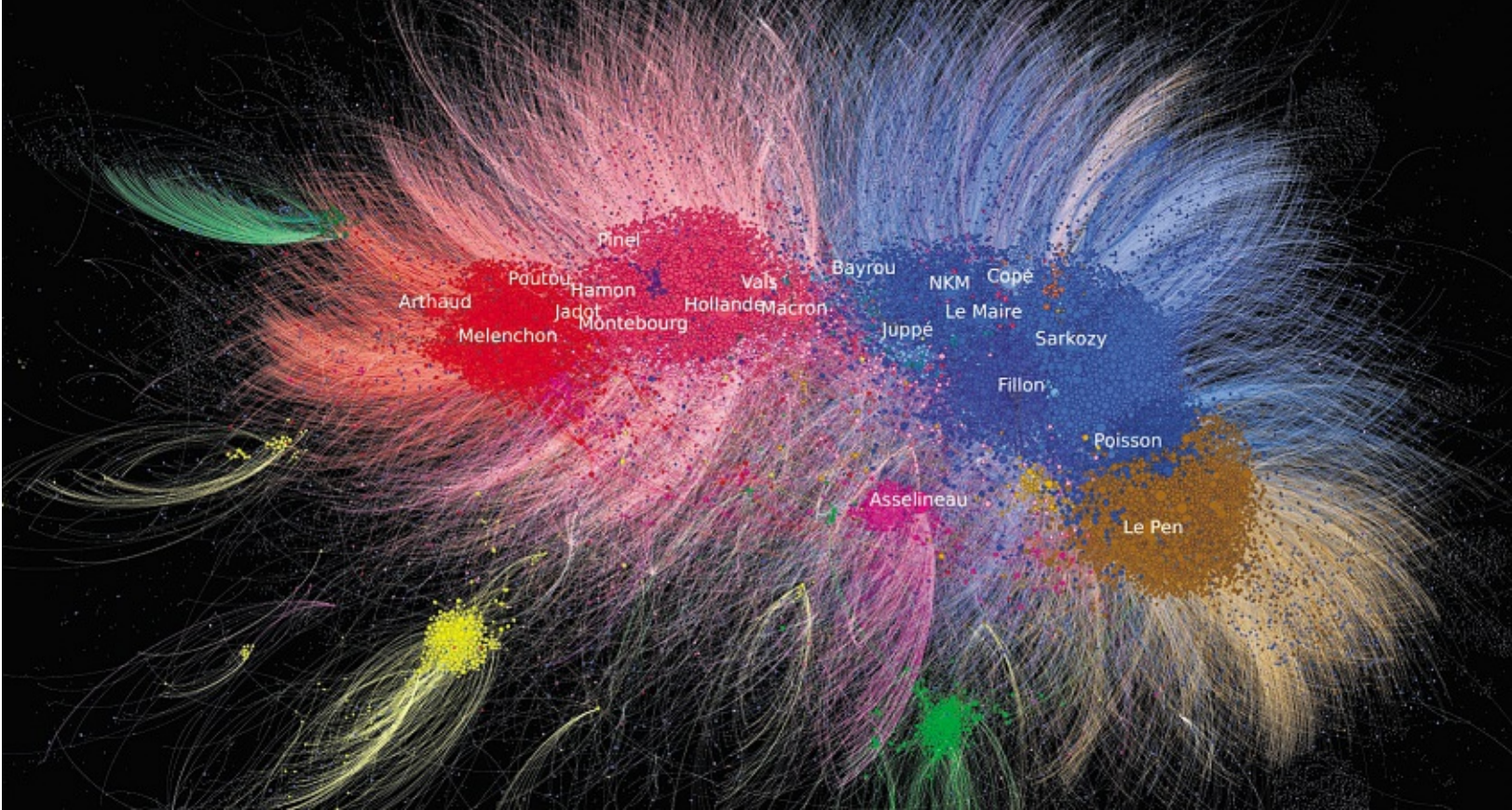
« LGV1h25 Grande Vitesse », jusqu'en janvier 2018, à Rennes. Renseignements : www.espace-sciences.org/expositions/grande-vitesse

LA DRÔLE DE GALAXIE POLITIQUE SUR TWITTER

Dans cette visualisation du paysage politique sur le réseau social Twitter, entre août et décembre 2016, chaque point est un compte du site de microblogging. Les liens correspondent à des interactions de type « retweet » entre deux comptes (des centaines de milliers de Tweet quotidiens sont analysés). Un

algorithme spatialise ces milliers de comptes de manière à rapprocher ceux qui interagissent le plus et à éloigner les moins en contact. Appartenir à ces « communautés » partisans ainsi calculées ne signifie pas une appartenance à un parti. Grâce à leur outil, les chercheurs de l'Institut des systèmes complexes du Centre national de la recherche scientifique analysent la diffusion de certains Tweet (comme la rumeur « Ali Juppé ») ou des thèmes de campagne

dans le temps et l'espace de ce paysage. Ils mesurent aussi les niveaux d'attention pour tel ou tel candidat. Ils qualifient les communautés de « prosélytes » (qui font la publicité de leur champion) ou d'« hostiles » (qui mentionnent un opposant). De quoi comprendre les stratégies électorales de chacun. Cet outil est disponible en ligne (Politoscope.org), ainsi qu'à la Cité des sciences dans l'exposition « Terra data ». (PHOTO: POLITOSCOPE.ORG, CNRS/ISC-PHF)



IMPROBABLOGIE

LA PHYSIQUE EXPLIQUE ENFIN POURQUOI LES LACETS SE DÉNOUENT

Par PIERRE BARTHÉLÉMY

La physique a ceci de beau que l'on peut grâce à elle passer des plus profonds mystères de l'Univers aux plus futiles. De la théorie des cordes à la théorie des lacets. Si vous êtes un(e) inconditionnel(le) de l'espadrille qui s'effiloche ou de la botte en caoutchouc qui fait « scouitch », du mocassin à glands ou de l'escarpin, de la charentaise ou du sabot ardennais, de la babouche ou du stiletto, de la tong ou de la sandalette, passez votre chemin : cette chronique ne vous concerne pas. Si, en revanche, pour vous, la seule chaussure digne de ce nom est une chaussure qui se lace, laissez tomber tout le reste car ici et maintenant, alléluia, va être expliqué pourquoi c'est aussi une chaussure qui toute seule se délace, hélas !

Appartenant à une prestigieuse université (celle de Californie, à Berkeley), publiant dans une respectable revue de physique (les *Proceedings of the Royal Society A* dans leur livraison du 12 avril), s'appelant Christopher Daily-Diamond, Christine Gregg et Oliver O'Reilly (leur nom mérite d'être gravé au panthéon de la science improbable), ils ont osé

s'attaquer à cet Himalaya de la recherche : comprendre enfin pourquoi et comment le nœud de vos lacets se défait – en général au moment où vous allez battre votre record du 400 mètres haies.

Avant toute chose, il fallait observer le phénomène en détail. La seule femme du trio, Christine Gregg, a donc lacé ses tennis et s'est mise à courir sur un tapis roulant pendant que ses deux collègues masculins, juste partage des tâches, filmaient ses pieds avec une caméra capable de prendre 900 images par seconde, afin d'obtenir un ralenti du moment fatidique (tous ceux qui disent que c'est une expérience à la sors-moi-le-nœud vont au coin). Les chercheurs ont aussi reconstitué le processus avec une machine pendulaire de leur conception reproduisant le mouvement de la jambe et le choc du contact avec le sol. Ils ont également mesuré les accélérations subies par les chaussures et accroché des petits poids au bout des lacets pour hâter le dénouement.

Après la phase pratique est venue la théorie. Il fallait analyser les forces imprimées aux lacets lors de chaque étape de la marche ou de la course. Elles sont au nombre de sept : l'accélération (quand le pied part vers l'avant), le milieu de ce mouvement

analogue à un swing au golf, la décélération (quand la jambe est à son point le plus avancé), la pose du talon, le pied à plat, la jambe à la verticale et la poussée pour repartir sur un nouveau pas. Il fallait aussi connaître la topologie du nœud. Voilà pourquoi l'étude compte 17 pages.

Ce n'est pas en vain ! L'énigme est résolue. Si le lacet se défait (phénomène qualifié de « catastrophique », non pour les gamelles fréquentes qu'il entraîne mais en raison de son caractère brutal et inarrêtable), c'est par la conjugaison de deux actions : le foulage et le fouettage. Les chocs répétés contre le sol déforment et desserrent le nœud, tandis que les mouvements du pied vers l'avant, en faisant valdinguer dans les airs les bouts libres des lacets, tirent insensiblement sur ces derniers. Les chercheurs indiquent que leur travail n'est pas exhaustif et qu'il reste à analyser l'influence du matériau dans lequel est fait le lacet (coton, synthétique, ciré, etc.), de sa forme (rond ou plat) et celle du nœud choisi. S'ils persistent dans cet axe de recherche, ils pourront aussi essayer d'expliquer pourquoi c'est toujours lorsque vous le renouez avant un rendez-vous galant que votre lacet craque et vous reste entre les mains. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE – N° 1005

Ruben's Cube

Ruben veut découper à la scie un grand cube de bois en 64 petits dés de même taille. La scie fait ses coupes suivant un plan, et Ruben peut changer la disposition des morceaux après chaque coupe.

1 A Combien de coupes lui faudra-t-il, au minimum, pour obtenir les 64 dés ? Après la découpe, Ruben peint chaque face de chaque dé en bleu, en jaune, en rouge ou en noir. Il le fait de façon à pouvoir, en assemblant tous les dés, reconstituer, selon son désir, un grand cube bleu, ou un jaune, ou un rouge, ou un noir.

2 A Sachant que 40 dés exactement possèdent les quatre couleurs sur leurs faces, combien Ruben a-t-il peint de dés bicolores ?



Participez au concours « Dans le 1000 » chaque semaine du mercredi au lundi suivant, du problème 1001 au 1025, sur le site www.affairedelogique.com

Commencez quand vous voulez. La première fois, inscrivez-vous. Il suffira ensuite de vous identifier. Vous pouvez modifier votre réponse jusqu'au dernier moment. 40 points sont attribués à chaque problème. Votre score se cumule de semaine en semaine. Il suffit d'obtenir 400 points sur 1000 pour gagner un prix.

« LES MATHS, UN PHARE DANS LES TEMPÊTES ? » À NANCY LE 11 MAI

Le thème de la prochaine conférence du cycle « Sciences et Société », qui aura lieu à Nancy (20h30, IUT Charlemagne) : « Comment mesurer les risques ? ». Véronique Maume-Deschamps insistera sur les problèmes posés par les risques à sources multiples et la façon de les gérer. Informations sur www.iecl.univ-lorraine.fr

EXPOSITION D'ART GÉOMÉTRIQUE À PARIS JUSQU'AU 14 JUIN

L'exposition « Géométrie dans l'espace » à l'Espace topographie de l'art (Paris 3^e) explore les liens entre géométrie et création artistique à travers les œuvres d'une vingtaine d'artistes contemporains. Les trois angles : historique, spatial ou technologiques. « Week-end intense » le 29 avril. www.topographiedelart.fr

« ESTHÉTOPIES », EXPOSITION À PARIS JUSQU'AU 8 JUILLET

La bibliothèque de l'Institut Henri-Poincaré (Paris 5^e) propose, dans cette exposition une expérience inédite autour de recherches mathématiques contemporaines, avec un ensemble d'installations sonores et visuelles pour explorer des espaces imaginaires encore incompris. Informations sur www.ihp.fr

Solution du problème 1003

• Les quatre plats choisis par Alice ont pour prix, en euros : **1A à 1D** : 29, 30, 36, 40.

Si on désigne par a, b, c et d les prix, par ordre croissant, des quatre plats d'Alice, le jeu des inégalités permet de connaître les deux menus les moins chers ($a + b$ et $a + c$) et les deux plus chers ($b + d$ et $c + d$). On a donc : $a + b = 59$; $a + c = 65$; donc $(b + c)$ est pair, ce ne peut être que 66 et $a + d = 69$, d'où le résultat.

• Les cinq plats de Bob coûtent, en euros : **2A à 2D** : 25, 31, 39, 41 (et 44 pour le plus cher) ; ou **3A à 3D** : 27, 29, 37, 42 (et 43 pour le plus cher).

Si on désigne par a, b, c, d et e les prix, par ordre croissant, des cinq plats de Bob, le graphe ci-contre, où chaque flèche va d'un nombre vers un nombre plus grand, montre que les deux menus les moins chers $a + b = 56$ et $a + c = 64$, mais aussi $(b + c)$ et $(a + d)$, font partie des cinq moins chers. Sont exclus de ces cinq les deux plus chers ($c + e$) et $(d + e)$, mais aussi $(c + d)$ et $(b + e)$. Il reste à tester les diverses possibilités, sachant que d'après les deux premières égalités $(b + c)$ est pair.

• $b + c = 70$ entraîne $a + d = 66$ et $a + e = 69$ (et la ligne 2).

• $b + c = 66$ entraîne $a + d = 69$. Mais alors, $(b + d)$ est égal à 71 (car $a + b + c + d = 135$), ce qui donne la solution de la ligne 3. De $a + e = 70$, on tire la valeur de e 43.

CARTE
BLANCHEDe l'électricité
dans l'air de Titan,
satellite de Saturne

Par ROLAND LEHOUCQ

Une équipe de recherche américaine vient peut-être d'expliquer, dans *Nature Geoscience* du 27 mars, un étrange phénomène observé à la surface de Titan, le plus gros satellite de Saturne : l'orientation des dunes est en contradiction avec la direction des vents dominants. Cette curiosité morphologique serait la conséquence d'un phénomène bien connu mais dont le nom l'est moins : la triboélectricité.

Par temps sec en hiver, vous avez sans doute déjà expérimenté la désagréable décharge électrique qui se produit entre votre main et une poignée de porte ou entendu des craquements en ôtant un pull. Peut-être avez-vous aussi vu des images montrant des éclairs dans un nuage de poussières émis lors de certaines éruptions volcaniques. Ces effets électriques résultent d'une accumulation de charges produites par frottement entre matériaux ayant des affinités différentes pour les électrons. Le phénomène est connu depuis l'Antiquité : les Grecs avaient remarqué que l'ambre frotté avec de la soie attire de petits morceaux de paille.

Le frottement n'est pas indispensable pour qu'il y ait transfert de charges, le contact suffit. Par exemple, ôter le film protecteur d'un écran le rend « attirant » pour la matière environnante. Sans qu'il y ait eu friction, le film s'est chargé spontanément alors qu'il était en contact étroit avec la surface à protéger. Cette électrisation par contact sert à manipuler des particules trop petites pour être contrôlées mécaniquement. La photocopie en est une bonne illustration : l'encre des photocopieurs est une poudre de particules pigmentées dont la taille est de l'ordre de dix milliardièmes de mètre. Ces particules se chargent électriquement par brassage mécanique avec des microbilles. L'attraction électrique maintient les particules d'encre sur ces billes porteuses, puis les fixe sur la surface du matériau qui porte l'empreinte électrostatique du document à reproduire.

La triboélectricité préoccupe les ingénieurs du spatial car la sécheresse qui règne sur la Lune et sur Mars favorise ce phénomène de décharge ou d'attraction électrique. Ainsi, les poussières lunaires abrasives et adhérentes ont beaucoup gêné l'activité des astronautes, tandis que les poussières martiennes « collent » aux panneaux solaires des rovers [*petits véhicules motorisés*] qui arpentent la surface de la Planète rouge.

Les grains de sable « collés » entre eux

Quel est le rapport avec les dunes de Titan ? La formation des dunes dépend directement de la granulométrie des grains de sable, car le vent agit différemment selon leur taille. Le mouvement initial des grains est une série de sauts : soulevés par le vent, ils retombent sous l'effet de la gravité. Les particules de plus grande taille roulent ou glissent sur le sol. Trop lourdes pour être soulevées, leur mouvement est déclenché par l'impact des particules qui sautent plutôt que par l'action du vent. Grâce à une expérience de laboratoire menée dans des conditions similaires à celles de la surface de Titan, les chercheurs ont montré que les grains de sable de cette lune acquièrent par friction une charge électrique qui pourrait persister plusieurs mois. Les forces électrostatiques à l'œuvre entre grains voisins augmentent alors leur cohésion et donc la masse du grain moyen. Cela accroît très sensiblement le seuil à partir duquel le vent peut les faire sauter. Avec une vitesse moyenne de quelques kilomètres par heure, les vents de Titan sont incapables de modeler les dunes en déplaçant des grains de sable devenus « collants ». Même si les conclusions des chercheurs doivent être confirmées par des expériences et des simulations plus raffinées, il semble qu'à la différence de la plupart des autres corps du Système solaire des effets électrostatiques à l'échelle microscopique, négligeables sur Terre, modèlent la morphologie de surface de Titan. ■

Roland Lehoucq

Astrophysicien,
Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives
PHOTO : PHILIPPE STROPPIACandidats à l'élection présidentielle,
sauvez la protection maternelle et infantile

TRIBUNE - Alors que le périmètre d'action de ce service public se restreint faute de moyens et de personnels, le pédiatre Pierre Suesser appelle à un plan d'urgence

BEAUCOUP
DE BILANS
DE SANTÉ À L'ÉCOLE
MATERNELLE,
DE CONSULTATIONS
DE FEMMES
ENCEINTES
ET DE NOURRISSONS
SONT SUPPRIMÉS

Pas un mois ne se passe sans que la presse se fasse l'écho des avancées de connaissances attestant des influences favorables ou non de l'environnement dans toutes ses composantes sur le développement du bébé et du jeune enfant, et des enjeux de prévention afférents. *Le Monde* l'a relaté en plusieurs occasions : « *Des enfants qui naissent pré-pollués* », « *Fœtus attention fragile* », « *La pauvreté nuit gravement au cerveau dès la naissance* »... De là se dessine l'exigence d'une politique de prévention, affranchie de l'emprise absolue des déterminismes, mais instruite de déterminants notables pour la santé de l'enfant. Une prévention porteuse d'une double promesse : l'épanouissement des tout-petits, également gage de santé et de bien-être pour leur avenir d'adulte.

Pas un seul des candidats à la présidentielle, pourtant informés de ces déterminants précoces de la santé, n'évoque dans son programme la prévention, nouvel horizon à atteindre dans notre système de soins.

Et pourtant les services publics de santé affectés à la prévention médicale, psychologique et sociale en faveur des enfants depuis des décennies sont bien mal en point : la protection maternelle et infantile (PMI) est placée en grande difficulté dans de nombreux départements, la santé scolaire et les réseaux d'aides spécialisées aux élèves en difficulté (Rased) sont laissés en déshérence, ainsi que les centres médico-psychologiques (CMP).

L'exemple de la PMI en atteste : faute de moyens, beaucoup de consultations de femmes enceintes et de nourrissons, de bilans de santé à l'école maternelle sont supprimés. Les délais de rendez-vous s'allongent également, le suivi préventif d'enfants après 2 ans se tarit (alors que la PMI est compétente jusqu'à 6 ans), les visites à domicile des sages-femmes et des puéricultrices se raréfient. Cela alors que les disparités de plus en plus marquées pour l'accès aux soins, l'aggravation de la précarité sociale et l'isolement grandissant de nombreuses familles sont à l'origine d'inégalités de santé dès le plus jeune âge.

Et le périmètre d'action de la PMI se réduit dans un nombre croissant de départements, délaissant le champ global de la prévention précoce pour se concentrer sur certaines missions spécifiques, comme la protection de l'enfance. Rien d'étonnant puisque le nombre de médecins de PMI est en chute libre (200 temps pleins perdus sur 1700 à l'échelle de 70 départements au tournant des années 2010, 66 % des médecins qui exerçaient en 2006 seront retraités en 2020). Situation qui rejoint la pénurie de la médecine scolaire (1100 médecins pour 12 millions d'élèves), rendant impraticable l'examen obligatoire des enfants à 6 ans...

Pourtant, les bénéfices sont avérés. Le Conseil économique, social et environnemental le confirme dans un rapport de 2014 : « *Institution originale, pionnière d'un nouveau mode de prise en charge axé sur la prévention et la*

prise en compte des déterminants de santé, la PMI doit voir ses atouts valorisés et son avenir sécurisé. » A son actif par exemple, sa place prépondérante dans le dépistage du saturnisme infantile en France depuis trente ans, soulignée à plusieurs reprises dans le bulletin épidémiologique hebdomadaire du ministère de la santé.

L'inspection générale des affaires sociales rappelait également en 2011 que « *la couverture vaccinale des élèves de ZEP contre la rougeole et l'hépatite B est meilleure que celle des élèves hors ZEP, sans doute du fait d'un recours plus important aux services de la protection maternelle et infantile* ». Cela sans oublier les multiples actions, dans le champ médico-psycho-social, qu'elle mène au quotidien pour promouvoir la santé des bébés et l'établissement des relations précoces avec leurs parents : accompagnement de la grossesse, conseils de pué-

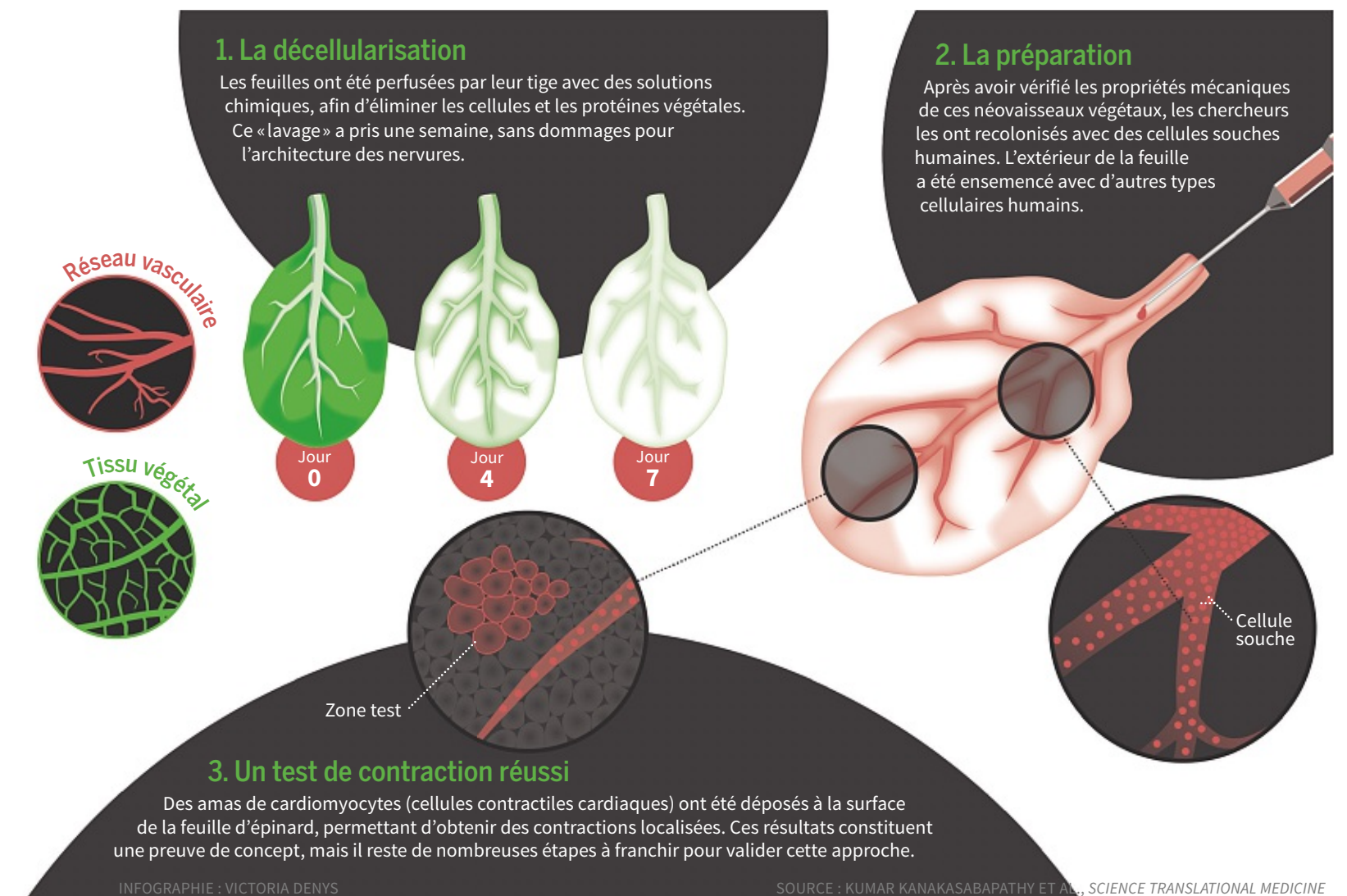
culture, soutien à la parentalité, dépistages (dont celui du handicap) et orientation vers les services spécialisés, aide psychologique et sociale face aux difficultés habituelles ou aux troubles sévères du développement, recherche d'un mode d'accueil, etc.

Le doute n'est pas permis, il convient d'en finir avec les projets affichés par certains de réduire le service public : à l'orée des élections, il est grand temps que nos responsables politiques extirpent la prévention pour l'enfance des plans sur la comète et lui consacrent d'urgence un plan « en pleine terre » qui revitalisera en particulier les services publics de prévention collective tels que la PMI et la santé scolaire. Ses termes en sont bien connus : former les étudiants en médecine et en santé à la prévention et à la promotion de la santé, notamment dans le champ de l'enfance, approfondir la recherche dans ces domaines, porter durant le quinquennat la part de la prévention de 2 % à 10 % de la dépense nationale de santé, harmoniser les rémunérations des médecins et autres professionnels salariés de soins préventifs avec celles des praticiens délivrant des soins curatifs en milieu hospitalier. Alors, pour la prévention en périnatalité et petite enfance, chiche ? ■

¶ **Pierre Suesser**, pédiatre en service de protection maternelle et infantile, auteur de *Petite enfance, penser la prévention en grand* (Erès, 2013)

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

UN PATCH À LA FEUILLE D'ÉPINARD POUR RÉPARER LE CŒUR



L'ingénierie tissulaire, qui vise à développer des substituts aux organes et aux tissus grâce à des techniques d'ingénierie et de biologie, a beaucoup progressé ces dernières années. Mais l'un des facteurs limitant les

applications cliniques est la difficulté d'obtenir un réseau fonctionnel de vaisseaux sanguins, fondamental pour oxygéner et nourrir les tissus. Constatant les similitudes entre l'arborescence des vaisseaux à la

surface d'un cœur de rat et les nervures de feuilles d'épinards, une équipe américaine de l'Institut polytechnique Worcester (Massachusetts) a eu l'idée d'utiliser ce végétal (et d'autres, comme du persil ou des racines d'ara-

chide) comme une matrice pour créer un patch cardiaque. Ces travaux préliminaires, encourageants, ont été publiés en ligne le 22 mars dans la revue *Biomaterials*. ■

SANDRINE CABUT

Roberto Vargiolu, du BEP à la recherche en tribologie

PORTRAIT - Ce spécialiste du frottement et de l'usure tire de son parcours atypique une créativité expérimentale et un goût pour la vulgarisation qu'il met notamment au service de l'archéologie

C'est l'histoire d'un jeune garçon dont l'ambition était de décrocher un BEP d'électrotechnique. Si un conseiller d'orientation ne s'était pas trompé en remplissant sa fiche de vœux, Roberto Vargiolu ne serait pas aujourd'hui chercheur à l'école Centrale de Lyon en tribologie. Un parcours rare dans un système de recherche français peu ouvert aux profils atypiques.

Rien que le nom de sa discipline intrigue : la tribologie, science du frottement et de l'usure. Cette matière a longtemps été cantonnée aux questions industrielles : comprendre comment les machines s'abiment, améliorer la lubrification, réduire les coûts dus à l'usure des matériaux... Mais aujourd'hui, la tribologie concerne aussi bien l'industrie cosmétique que l'archéologie, en passant par la médecine. « *En tribologie, nous cartographions les surfaces, avec leurs pics et leurs vallées, comme on cartographie une région, mais à des échelles bien plus faibles, parfois au centième de micromètre*, explique Roberto Vargiolu. *C'est un mélange de microscopie et d'analyses mathématiques complexes.* »

Mais revenons à notre jeune garçon qui souhaitait s'inscrire en BEP. Pour le conseiller d'orientation, « électrotechnique » ou « électromécanique », c'est du pareil au même et il l'inscrit dans cette dernière filière. Mais Roberto Vargiolu préfère redoubler que d'aller en électromécanique. Une année plus tard, il a le niveau pour intégrer un BEP d'électronique, plus difficile. Pour lui, c'est le déclic : il découvre le plaisir d'apprendre, devient premier de sa classe. Et ne s'arrête plus. Bac électronique, puis BTS, le maximum envisageable pour ce fils d'immigrés sardes. Après son service militaire, il cherche donc du travail... et déchant. « *Tout ce que je trouvais dans les petites annonces, c'était des postes de dépannage de photocopieurs, se désolait-il. Or, je voulais un métier créatif, fabriquer des trucs en électronique.* »

Il finit néanmoins par décrocher deux postes : l'un de technicien à l'école Centrale de Lyon, l'autre d'électronicien sur un bateau d'exploration pétrolière. Malgré tous les avantages de ce dernier, notamment salariaux, Roberto Vargiolu choisit Centrale. « *J'étais surqualifié car c'était un poste de niveau bac, mais c'était tout ce que j'avais envie de faire*, se souvient-il. *Et puis cet environnement de docteurs, de professeurs, c'était incroyable !* »

Des rencontres décisives

Mais le travail de technicien peut s'avérer fastidieux, même dans un tel environnement. Heureusement, un jeune maître de conférences, Hassan Zahouani, croit en lui. « *J'ai pu développer des sujets intéressants en plus de mon travail de technicien*, se souvient le chercheur. *Il m'a laissé une totale liberté. Et plus il me laissait de liberté, plus j'allais au-delà de mon travail de technicien.* » De son côté, Hassan Zahouani ne tarit pas d'éloges. « *Il ne pense pas comme les autres, il a une curiosité énorme, et, quand il commence un sujet, il s'investit totalement. C'est un acharné, et il a aussi un vrai esprit d'équipe, indispensable en recherche.* » Ce professeur, toujours attentif aux « petites mains » des laboratoires sans qu'aucune recherche n'est possible, plaide pour donner à chacun la possibilité d'être créatif.

Petit à petit, Roberto Vargiolu devient un vrai tribologue, bien loin de l'électronique. « *Mon profil d'électronicien m'est pourtant bien utile pour concevoir des appareils, par exemple une "sonde tribo-acoustique" pour mesurer la douceur de la peau, indique-t-il. J'ai déposé plusieurs brevets sur ces appareils basés sur des capteurs de vibrations. Aujourd'hui, on va plus loin en équipant des doigts humains pour obtenir des informations qualitatives sur le toucher.* »

En 1996, lors de la Fête de la science, il discute avec des archéologues qui lui demandent ce qu'il est possible de mesurer sur un silex. C'est le début d'une collaboration avec l'archéologue Patricia Anderson qui dure encore.

Mais s'il se rapproche de plus en plus du métier de chercheur, menant des travaux originaux en archéologie et publiant dans des revues scientifiques, il reste officiellement technicien. L'idée de passer des diplômes le titille. Il peut obtenir un diplôme universitaire par une procédure de validation des acquis professionnels, à condition de faire un rap-



Roberto Vargiolu en 2015.

CYRIL FRÉSILLON/CNRS PHOTOTHÈQUE

port et une soutenance. « *Pour la première fois, j'ai exposé mes travaux devant le laboratoire*, se souvient-il. *C'était très surprenant pour eux de voir ce "petit" technicien présenter des recherches, mais les retours ont été très positifs.* » Au point que le fondateur du laboratoire, Jean-Marie Georges, l'exhorte : « *Toi, il faut que tu fasses une thèse !* » Comme il avait signé des articles scientifiques, il obtient une dérogation pour faire un doctorat sans le DEA, un diplôme généralement indispensable. Thèse là encore sur un sujet lié à l'archéologie : comprendre les technologies de fabrication et l'utilisation des objets archéologiques, en étudiant leurs traces d'usure. Tout en continuant son travail de technicien.

Le soutien de Jean-Marie Georges est alors précieux. « *Il me motivait, me donnait des cours particuliers pour approfondir la tribologie, m'engueulait parfois...* » Il soutient sa thèse en avril 2008, puis passe avec succès le concours pour un poste d'ingénieur de recherche, toujours au même laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes à Lyon. « *Cela n'a modifié ni mon travail ni ma feuille de paye. Mais le regard des autres a changé : je n'étais plus seulement le technicien.* »

La table claudienne en chocolat

Le chercheur est conscient de la conjonction des facteurs qui lui ont permis ce parcours. « *Certes, j'en voulais, mais si j'étais tombé dans un autre laboratoire, avec d'autres personnes, je n'aurais pas fait tout ça. On a cru en moi, et j'en suis très reconnaissant.* » Il connaît ses lacunes, notamment en théorie, mais aussi son point fort : la créativité expérimentale.

Créativité qui s'est exprimée non seulement en recherche, mais aussi en vulgarisation. « *Avec la tribologie et l'archéologie, j'avais un sujet en or pour communiquer sur la science* », souligne-t-il. Or, il existe à Lyon un document

romain de grande valeur : la table claudienne, une plaque de bronze de 2 mètres sur 1,40 mètre, fabriquée en 48 après Jésus-Christ, sur laquelle l'empereur Claude autorise les notables gaulois à faire partie du Sénat romain. Les lettres y sont gravées sans défaut, et Roberto Vargiolu a montré que c'est impossible par gravure traditionnelle.

L'étude tribologique de cette table a prouvé qu'elle avait été fabriquée par une technologie de « fonte à cire perdue » : le motif est gravé sur de la cire, puis recouvert d'argile. Il suffit d'attendre que l'argile sèche puis de fondre la cire pour avoir un moule parfait dans lequel on coule le bronze. Pour plusieurs fêtes de la science, Roberto Vargiolu a simplement remplacé le moule en argile par un moule en silicone, et le bronze liquide... par du chocolat fondu ! Succès garanti auprès des enfants qui sont repartis avec leur sculpture en chocolat, non sans avoir acquis des notions de tribologie. En 2016, Roberto Vargiolu et le chocolatier lyonnais Bruno Saladino ont même reproduit la table claudienne à échelle réelle, nécessitant 50 kilogrammes de chocolat.

Aujourd'hui, il s'intéresse à un sujet encore plus fascinant : les momies. C'est la première fois qu'elles font l'objet d'études tribologiques. Objectif : comprendre les techniques de momification, en étudiant notamment les cheveux et la peau. Des thèmes que Roberto Vargiolu connaît bien puisqu'il a travaillé avec l'industrie cosmétique, en mettant au point une machine à mesurer l'élasticité de la peau. « *Certaines momies de plus de 1500 ans ont une chevelure en aussi bon état que la nôtre, d'autres ont des cheveux cassants comme du verre* », observe le chercheur. Sûr que le jeune garçon en BEP n'aurait jamais imaginé travailler sur des momies ! ■

CÉCILE MICHAUT



ZOOLOGIE

Le mandrill, l'odorat et le bon sens

Avec son fessier corné écarlate et son museau rouge cerné de sillons blancs ou bleutés, le mandrill est le plus coloré des primates. Et ce n'est pas le seul attribut remarquable de ce grand babouin originaire d'Afrique centrale. Il dispose également d'un odorat exceptionnel. Un véritable laboratoire d'analyses intégré qui permet à ce singe de détecter la présence d'infections chez ses congénères.

Par une simple inspection olfactive des excréments, le mandrill peut identifier les porteurs de parasitose intestinale ambiante, pourtant généralement asymptomatique dans l'espèce. L'affection ne représente donc pas une menace létale. Mais le mode de vie grégaire des mandrills favorise la dissémination des pathologies transmissibles. Pas question donc de risquer la contamination, les mesures s'imposent.

La quarantaine n'est toutefois pas de mise au sein de cette espèce extrêmement sociable. Quelques précautions suffisent. « *Nous avons identifié une adaptation fine du comportement face au risque de prolifération ambiante* », note Clémence Poirotte, doctorante au sein de l'unique projet d'étude de l'espèce en milieu sauvage : le projet Mandrillus. Le programme de recherches à l'initiative du CNRS a été développé depuis 2012 en partenariat avec des chercheurs allemands et gabonais, au sein du parc privé de la Lékédi (sud du Gabon) sur une centaine de spécimens. « *Les autres membres du groupe se contentent de ne plus épouiller l'individu contaminé* », ajoute la scientifique, dont les résultats ont été publiés le 7 avril dans *Science Advances*.

Une réponse au risque de contagion

Le déparasitage du pelage est pourtant un rituel essentiel pour maintenir la cohésion sociale et réduire les tensions émergentes. Mais le risque est trop élevé de s'exposer ainsi à des amibes présentes dans la fourrure, dans la région péri-anale et, en proportion moindre, sur l'ensemble de la toison brun-gris des individus. Le mandrill a cerné précisément l'ampleur de l'inconvénient et proposé une réponse proportionnée pour prévenir la généralisation de la maladie sans mettre en danger l'équilibre de la communauté. Le primate infecté peut donc continuer à épouiller les autres membres du groupe et est réintégré dans la pratique d'épouillage réciproque quand la charge parasitaire diminue.

Peu d'espèces ont la capacité d'adapter leur comportement pour préserver la situation sanitaire du groupe. Le homard grégaire et les têtards de grenouille taureau sont les seuls à adopter de telles conduites d'évitement face à la maladie de leurs condisciples. L'étude sur les homards menée à l'université de Virginie par Donald C. Behringer en 2006 démontre que le *Panulirus argus virus*, mortel pour le crustacé, « *peut être détecté par les individus sains quelques semaines avant qu'il ne devienne contagieux* », ce qui rend les comportements de préservation efficaces. Les



Le déparasitage du pelage est un rituel essentiel chez le mandrill. NORRY EL KSABI, ALICE PERCHER

homards prennent ainsi leurs distances avec les porteurs du virus avant d'être contaminés. L'ostracisation des malades est probablement mise en œuvre par un mécanisme chimique perçu olfactivement par les individus incriminés. A la différence des mandrills, la conduite d'évitement est indispensable à la survie du groupe car le homard ne dispose pas de système immunitaire adapté.

Les phénomènes de comportements sociaux des animaux face au risque sanitaire sont encore peu étudiés. Les mandrills sont sujets à d'autres maladies intestinales, aux infections respiratoires ou au paludisme. Des phénomènes similaires de limitation des risques de contamination face à ces pathologies n'ont pas encore été mis en évidence chez le primate, dont les quintes de toux symptomatiques révèlent cependant un potentiel contagieux au même titre que les parasitoses. ■

CÉCILE BRAJEUL