

PSYCHOTHÉRAPIE
LES BIENFAITS DE L'EMDR SUR
LE STRESS POST-TRAUMATIQUE
→ PAGE 2



PHYSIQUE
LES CHERCHEURS FRANÇAIS
EN PÉNURIE DE NEUTRONS ?
→ PAGE 3



PORTRAIT
PIER VINCENZO PIAZZA DÉMONTE
LES MÉCANISMES DE L'ADDICTION
→ PAGE 7



Consentement éclairé contre big data

Chacun doit consentir librement à un acte médical en ayant été informé de ses conséquences possibles. Alors que la course aux « données de santé » malmène ce principe cardinal, la question de sa réforme est posée avec acuité par la révolution des biobanques.

PAGES 4-5



FREAK CITY

Domestication et queue en tire-bouchon



CARTE BLANCHE

**Nicolas Gompel,
Benjamin
Prud'homme**

Généticiens,
LMU de Munich, Institut
de biologie du développement
de Marseille-Luminy (CNRS)

La domestication d'animaux sauvages, entreprise par l'homme il y a dix mille ans, a constitué un tournant majeur dans notre histoire évolutive. La transformation des espèces a porté sur la sélection, au cours des générations, d'individus porteurs de caractéristiques avantageuses pour l'homme. La première étape a probablement consisté à sélectionner des individus qui ne craignaient pas la présence des hommes. Puis d'autres caractères ont suivi, modifiant la reproduction, la taille et autres, selon que les espèces étaient destinées à l'agriculture, au transport ou à la compagnie. Mais qui donc eut l'idée saugrenue de sélectionner la queue en tire-bouchon des cochons, bien différente de celle des sangliers ?

Dans les années 1950, le biologiste russe Dmitri Beliaiev entreprit une expérience visant à identifier les bases génétiques de la domestication. Il s'intéressa aux renards argentés, élevés pour leur fourrure, mais bien sauvages, auxquels il imposa un unique critère de sélection. A chaque génération, seuls les individus les moins craintifs vis-à-vis de l'homme furent croisés pour produire la génération suivante. En seulement

quelques générations, la proportion de renards apprivoisés atteignit des sommets. La sélection avait fonctionné à tel point que les renards recherchaient la présence des éleveurs, les accueillant par des jappements et battements de queue dignes de chiens envers leurs maîtres. Aujourd'hui, il ne manque à ces renards que l'obéissance à des ordres simples pour être parfaitement domestiqués. Mais l'expérience, qui court toujours, livra un résultat inattendu. Dans un élan de zèle évolutif, ces renards acquirent d'autres caractères qui n'avaient pas été sélectionnés : une tache blanche entre les yeux, les oreilles tombantes et la queue recourbée. Autant de particularités, qui, comme la queue en tire-bouchon des cochons, distinguent souvent les espèces domestiquées de leurs ancêtres sauvages.

La sélection d'un comportement

La domestication, et son cortège de modifications physiologiques et anatomiques, résulterait donc essentiellement de la sélection d'un comportement. Or tous ces caractères sont déterminés par des gènes, sur lesquels opère la sélection. Si les effets collatéraux, les

caractères non sélectionnés, sont bien connus des éleveurs, qui depuis dix mille ans font de la génétique sans le savoir, l'identification des gènes impliqués donne encore du fil à retordre aux généticiens. L'étude de gènes qui orchestrent le développement embryonnaire a révélé que nombre d'entre eux ont des fonctions multiples. Ainsi, un gène peut participer à la formation du cerveau, des doigts, et à l'apparition de pigmentation sur diverses parties du corps. Si, dans le cas des renards de Beliaiev, comme dans la plupart des cas de domestication, on ne sait pas encore quels gènes ont été sélectionnés, il est très vraisemblable qu'il s'agit de gènes multifonctionnels. Des gènes sélectionnés pour leurs effets sur le comportement (indiquant leur rôle dans le développement du cerveau) mais qui affectent aussi d'autres caractères, comme la forme de la queue.

Pour autant qu'il faille le rappeler, la domestication témoigne de manière éclatante qu'il n'existe pas de gènes dédiés spécifiquement à des comportements complexes, tels que des gènes de l'intelligence, du crime ou de l'orientation sexuelle. ■

L'EMDR soigne les blessures psychiques

PSYCHOTHÉRAPIE | Après les attentats, cette méthode née aux Etats-Unis dans les années 1980, qui permet de désamorcer les souvenirs traumatiques, est mobilisée au service de la résilience des victimes et des témoins

SANDRINE CABUT

La première fois que j'ai repris le métro, j'ai regardé partout autour de moi sur le quai : les gens, leurs paquets... Dans la rame, j'ai compté les stations. Ça a été très long, je me sentais mal. Je suis rentrée directement dans mon appartement, et me suis réfugiée sous la couette. Puis j'ai appelé mon copain pour qu'il me rejoigne le soir. Je ne me sentais pas en sécurité chez moi», raconte Justine (son prénom a été changé). Tout en écoutant attentivement le récit de cette jeune femme de 26 ans, la psychologue Laurence Peltier lui tapote les genoux, alternativement à droite et à gauche. C'est du «tapping», une technique de stimulation bilatérale alternée utilisée dans l'EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing, «désensibilisation et reprogrammation par mouvement des yeux»), un modèle de psychothérapie qui aide le cerveau à traiter des événements traumatisants.

«Comment vous sentez-vous maintenant?», interroge-t-elle. «Toujours stressée, mais moins», répond la jeune femme. «L'objectif est que vous puissiez faire ce trajet en toute sérénité», poursuit Laurence Peltier. Maintenant que l'émotion a diminué, repassez la scène dans votre tête, en même temps que je fais le tapping. Centrez-vous sur votre corps et vos émotions. Si vous sentez que c'est trop dur, levez la main.»

Ce 26 novembre, Justine est venue en urgence consulter cette psychologue qu'elle ne connaissait pas. Depuis les attentats du 13 novembre, elle est oppressée, angoissée. Elle n'arrive pas à dormir. Les bruits de sirène l'obsèdent. Le soir du drame, elle était au stade de France avec une amie. Puis elle a appris ce qui se passait dans son quartier, le 9^e arrondissement... Voilà plus d'une heure que Laurence Peltier lui fait redérouler le fil, du début du match de football jusqu'au soir de la consultation.

«Une seule séance peut suffire, surtout si elle est pratiquée dans les jours qui suivent l'événement»

ISABELLE MEIGNANT

psychologue et présidente d'EMDR Europe

La thérapeute repère les moments traumatisants, pour les «travailler», un à un : le mouvement de foule à la descente des gradins ; l'attente dans la nuit avant de récupérer la voiture ; la violence des images à la télévision le lendemain... «Lorsqu'il y a un trop-plein d'émotions, les deux hémisphères du cerveau, l'émotionnel et le rationnel, ne communiquent plus. Avec des stimulations bilatérales alternées comme le tapping ou des mouvements oculaires, l'EMDR reproduit de façon artificielle le traitement naturel des informations, qui a lieu notamment durant le sommeil. Le premier bienfait est de restaurer le sommeil, pour relancer le traitement adaptatif de l'information», lui a expliqué Laurence Peltier en préambule. Après une heure et demie de traitement, Justine se dit épuisée, mais apaisée. Un mieux-être que les praticiens apprécient avec un score d'évaluation des perturbations (SUD) de 0 à 10.



La thérapie par EMDR est pratiquée depuis plusieurs années à l'hôpital d'Argentan (Orne). BURGER/PHANIE

Reconnue comme l'un des traitements de référence des états de stress post-traumatique (ESPT) constitués, l'EMDR est aussi de plus en plus proposée en prévention, dans les suites immédiates d'un traumatisme. Depuis les attentats du 13 novembre, Laurence Peltier est ainsi intervenue auprès de nombreuses personnes, dont certaines sont venues par le biais d'une toute jeune association, Action EMDR Trauma. «L'ambition est de déployer des interventions d'EMDR à titre humanitaire au plus près de l'événement stressant, après un attentat, une catastrophe naturelle ; chez des personnes déplacées aussi...», explique Isabelle Meignant, présidente de ce réseau européen, et formatrice EMDR Europe. Dans les contextes d'urgence, nous utilisons des protocoles spécifiques, individuels ou de groupe. C'est une approche pragmatique, qui ne nécessite pas de recueillir beaucoup d'informations personnelles, et elle est rapidement efficace. Une seule séance peut suffire, surtout si elle est pratiquée dans les jours qui suivent l'événement.»

La psychologue a des cas plus délicats à gérer, comme celui de cette trentenaire qui travaille sur l'un des lieux des attentats. Pendant dix jours, cette jeune femme consciencieuse et dynamique a «pris sur elle». Mais les symptômes se sont multipliés, qui l'ont amenée à consulter : courbatures dans tous les membres ; insomnies ; phobie des lieux clos ; panique à l'idée de donner son sang, ce qu'elle faisait depuis ses 18 ans ; difficultés à revenir sur la zone de la fusillade... Après quatre séances d'EMDR de deux heures, «elle est moins angoissée et a pu mettre les événements à distance, mais il faut encore travailler le futur», souligne M^{me} Meignant.

Ces dernières années, plusieurs études ont rapporté des bénéfices de l'EMDR en prévention des états de stress post-traumatiques (ESPT) – après un tremblement de terre au Mexique en 2010, et chez des survivants du World Trade Center, en 2001, notamment –, mais les données scientifiques sont moins solides que dans les ESPT constitués. Ce n'est sans doute que temporaire, tant cette discipline, née en 1987 aux Etats-Unis et arrivée en France en 1994, se développe.

«De plus en plus d'indications font l'objet de essais cliniques en EMDR, en particulier les phobies et les troubles anxieux, les douleurs chroniques, les troubles bipolaires et plus récemment les psychoses», note Juliette Gueguen (Inserm) et ses collègues dans un récent rapport sur l'hypnose et l'EMDR. Parallèlement, des chercheurs explorent les mécanismes par lesquels cette thérapie agit sur le cerveau. Ainsi de l'équipe de Stéphanie Khalfa (Institut de neurosciences de la Timone, Marseille), qui mène des travaux en neuro-imagerie. «L'état de stress post-traumatique correspond à une altération du circuit de la peur, avec un conditionnement plus fort et une extinction plus difficile des réponses de peur par rapport à des personnes exposées au même événement traumatique mais qui ne développent pas d'ESPT», détaille la chercheuse. Avec l'IRM, nous avons montré que la thérapie EMDR restaure une activité normale à ce niveau, notamment dans l'amygdale. Et des études chez l'animal, reproduites chez l'homme, ont pu établir que ce sont les stimulations bilatérales alternées qui sont fondamentales pour éteindre plus efficacement le circuit de la peur.»

Les pratiques se sont structurées. En France, trois formations (dont une universitaire) sont

agréées, ouvertes aux professionnels de la psychologie et de la psychiatrie. «Nous recensons 1200 membres, contre 700 en 2010, mais les chiffres sont sous-estimés», indique le docteur Martin Teboul, qui préside l'association EMDR France, membre de EMDR Europe. Nos objectifs sont de développer l'offre, en garantissant des pratiques de qualité, avec une formation continue obligatoire. L'association lutte également contre les «faux praticiens», qui contribuent à l'image encore parfois sulfureuse de l'EMDR. ■

Séance collective en Moselle

L'expérience est inédite en France : 70 adolescents de Thionville (Moselle), qui étaient au Stade de France le 13 novembre, ont bénéficié moins de 48 heures plus tard d'une séance collective d'EMDR. «Nous leur avons demandé de dessiner le moment le plus difficile pour eux, et chacun a effectué sur lui-même des stimulations bilatérales alternées avec la technique du papillon, qui consiste à poser chaque main sur l'épaule opposée, et à les soulever en alternance», détaille le professeur Cyril Tarquinio (laboratoire de psychologie de la santé Apemac, université de Lorraine). Avec ce protocole de situation d'urgence, leur niveau de perturbation émotionnelle est passé en moyenne de 8 à 2 en deux heures, poursuit la psychologue, qui va exploiter les données pour une étude scientifique. En juin 2016, Cyril Tarquinio inaugurera à Metz un centre universitaire unique en France consacré aux psychothérapies, associant des activités cliniques, de recherche et d'enseignement. Les consultations psychothérapeutiques seront en partie prises en charge par des mutuelles, avec une participation de mécènes pour les plus démunis.

Ingénierie du gène : l'urgence d'attendre

Une réunion internationale appelle à un moratoire sur les manipulations de l'ADN des cellules sexuelles et de l'embryon

Faut-il mettre en œuvre les dernières techniques d'ingénierie du gène pour réparer l'ADN des cellules sexuelles (germinales), et ainsi modifier de façon inédite le patrimoine héréditaire humain, ou est-il urgent d'attendre? Un sommet international, organisé du 1^{er} au 3 décembre à Washington par l'Académie des sciences américaine, la Royal Society britannique et leur homologue chinoise, a permis aux spécialistes mondiaux de débattre de la question. Celle-ci est devenue plus pressante avec l'avènement d'une technique de copier-coller génétique, baptisée Crispr-Cas9, qui révolutionne les capacités d'intervention sur le génome – une équipe chinoise l'a même mise en œuvre pour modifier celui d'embryons humains non viables.

A Washington, les réponses sur l'opportunité de l'utiliser pour modifier des cellu-

les germinales ont varié de «Hell no» à «Yes now» (de «Surtout pas» à «Oui, tout de suite»), comme l'a résumé le biologiste Paul Knoepfler, qui a couvert les débats sur son blog. La déclaration finale des organisateurs se situe entre ces deux extrêmes.

«Irresponsable»

La recherche fondamentale et préclinique est nécessaire et doit être poursuivie sur les techniques d'édition des gènes, ainsi que sur les bénéfices et risques potentiels de leur usage clinique. Mais «si, dans ce processus de recherche, des embryons humains et des cellules germinales subissent des éditions de gènes, les cellules modifiées ne devront pas être utilisées pour lancer une grossesse», préviennent-ils. L'usage clinique de ces techniques sur les cellules somatiques (qui ne sont pas transmises d'une génération à l'autre) doit

s'inscrire dans les dispositifs «existants et évolutifs» qui encadrent les thérapies géniques, suggère la déclaration finale.

Sur l'usage clinique des cellules germinales, celle-ci pointe les risques de mutations induites en dehors des gènes ciblés ; la difficulté de prédire des effets délétères ; l'obligation de prendre en compte les implications de ces altérations tant pour l'individu que pour les générations futures ; l'irréversibilité de ces altérations ; la possibilité que des populations privilégiées bénéficient, ou que d'autres soient contraintes à subir des «améliorations» de leur génome ; les considérations morales et éthiques attachées au fait de modifier intentionnellement l'évolution humaine. En conséquence, «il serait irresponsable de poursuivre tout usage clinique de l'édition de cellules germinales», tant que les problè-

mes de sécurité et d'efficacité n'ont pas été résolus, et «qu'il n'y aura pas un large consensus social sur la pertinence des applications proposées». Une position qui se rapproche de celle exposée dans la revue Nature par Jennifer Doudna, codécouvreuse de Crispr-Cas9.

«La réunion de Washington n'est pas une fin, mais un départ, avec l'organisation prévue de futurs forums», souligne le biologiste de la reproduction Pierre Jouannet, qui avait été invité à y témoigner des recherches menées en France. «On discute à perte de vue sur les applications potentielles, mais actuellement, on ne peut garantir l'efficacité et la sécurité à 100 % pour l'embryon humain, rappelle-t-il. Sur les animaux, quand la mutation se retrouve sur trois individus sur dix, on considère que c'est réussi, mais on ne peut évidemment faire de même sur des enfants.»

La déclaration de Washington n'a aucune valeur contraignante, mais le généticien George Church (université Harvard) redoute que le moratoire proposé n'encourage un «marché noir et un tourisme médical incontrôlés». De ce côté de l'Atlantique, jeudi 3 décembre, le Conseil de l'Europe s'est dit «favorable aux nouvelles technologies d'édition du génome, mais dans certaines limites». Il a rappelé que, selon l'article 13 de la Convention d'Oviedo (1997), ratifiée par la plupart des pays européens, dont la France, une intervention sur le génome humain «ne peut être entreprise que pour des raisons préventives, diagnostiques ou thérapeutiques». Cet article interdit en outre «toute modification génique sur des embryons qui serait transmise aux générations futures». ■

HERVÉ MORIN

La France à court de neutrons

PHYSIQUE | La fermeture annoncée du réacteur Orphée à Saclay va priver les chercheurs d'un instrument privilégié d'étude de la matière

NATHANIEL HERZBERG

Loin des débats enflammés autour du sort de la centrale de Fessenheim (Haut-Rhin), cette décision-là s'est prise dans la plus grande discrétion. La France va fermer Orphée, son réacteur nucléaire de recherche implanté sur le plateau de Saclay (Essonne). L'affaire n'est pas de la toute première fraîcheur; le principe en a été arrêté le 16 juin 2014. Mais l'été dernier, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et le CNRS ont annoncé qu'ils allaient en accélérer le calendrier. Orphée baissera le rideau fin 2019, et d'ici là, le réacteur fonctionnera à puissance limitée.

Jusqu'ici, les scientifiques cessaient l'espoir d'un changement de cap. Ils avaient discrètement mobilisé leurs collègues européens, plaidé auprès de leurs tuteurs, compté sur le poids d'un rapport de l'Agence d'évaluation de la recherche farouchement hostile à ce scénario. Mais avec cette dernière annonce, le cercueil d'Orphée leur est présenté. Même au CEA, les personnels sont sortis de leur réserve traditionnelle pour dénoncer «le gâchis financier, scientifique et humain qui résulterait de cette fermeture».

Ce réacteur constitue la seule source nationale de neutrons. Grenoble accueille certes l'Institut Laue-Langevin (ILL), la plus puissante installation du genre du monde. Mais l'infrastructure est européenne; la France n'y contribue qu'à hauteur de 28 % du budget et dispose donc d'un temps d'utilisation en proportion. Si bien qu'aujourd'hui près de 60 % des expériences neutroniques françaises ont lieu au Laboratoire Léon-Brillouin (LLB), l'unité CNRS-CEA qui exploite Orphée.

«Il s'agit d'expériences fondamentales, pour la recherche comme pour l'industrie», souligne José Teixeira, directeur de recherche émérite au LLB. Si les atouts des rayons X, des scanners jusqu'aux synchrotrons, sont bien connus, les neutrons offrent en réalité un parfait complément. Dépourvus de charge, ils n'interagissent qu'avec les noyaux et pénètrent au plus profond des matériaux: là où les rayons X sont, par exemple, arrêtés par 1 mm d'aluminium, les neutrons l'explorent aisément sur 10 cm d'épaisseur. Qu'il s'agisse d'analyser les structures fondamentales de la matière ou d'en vérifier la qualité, ils apportent des informations uniques. Les industries spatiale, ferroviaire et automobile en font donc largement usage. Le monde médical aussi, lorsqu'il veut produire des isotopes; ou encore celui des semi-conducteurs, quand il doit doper le silicium. «Magnétisme, analyse physico-chimique, dynamique moléculaire... là encore les neutrons sont irremplaçables», poursuit José Teixeira.

Alors, pourquoi cet arrêt? Le futur aménagement du plateau de Saclay, sa ligne de tramway et ses dizaines de milliers d'étudiants à venir peuvent-ils cohabiter avec un réacteur nucléaire? Là n'est pas l'essentiel, assure l'administration. Au ministère de la recherche, comme au CEA, on invoque trois autres motifs. «Un choix stratégique, d'abord, affirme Vincent Berger, directeur du pôle sciences de la matière au CEA... et

Les industries spatiale, ferroviaire et automobile font largement usage des neutrons, ainsi que le monde médical...

jusqu'à l'été dernier conseiller recherche de François Hollande. La France a choisi de participer au programme européen de construction d'ESS, en Suède, la plus importante source de neutrons du monde.» Un équipement d'un coût de près de 2 milliards d'euros auquel la France contribue à hauteur de 150 millions, chiffre Christian Chardonnet, chef du département des grandes infrastructures au ministère. Son prix s'explique par sa technologie, radicalement différente, qui impose la construction d'un accélérateur de particules. En échange, la technique dite de «spallation» permet de s'affranchir du réacteur nucléaire, source des neutrons d'Orphée mais aussi de ses deux autres péchés mortels...

Car qui dit réacteur dit combustible. En l'occurrence, de l'uranium enrichi à 93 % (bien plus que dans les centrales civiles), capable de constituer une charge militaire. Deux pays produisent cette rareté pour la recherche civile: les Etats-Unis et la Russie. Si Orphée a profité de la chute du Mur et des «soldes» russes pour se constituer un stock qui lui permet de tenir, à régime réduit, jusqu'en 2019, il n'est plus question de négocier avec la Russie de Poutine. Quant aux Américains, fournisseurs historiques, ils ont annoncé que pour éviter toute prolifération ils cesseraient, sauf exception, de fournir de l'uranium hautement enrichi. L'exception, ce sont des accords signés avec les principaux pays européens dans lesquels ils acceptent d'approvisionner les installations prêtes à se convertir, à moyen terme, en réacteurs à combustible ordinaire (moins de 20 % d'uranium 235). «C'est dans ce cadre qu'ils continuent à nous fournir», explique Charles Simon, directeur adjoint de l'ILL, à Grenoble. Mais la France a annoncé qu'elle fermait Orphée. Elle est donc sortie de l'accord.»

Une bêtise diplomatique? Plutôt un moyen d'éviter le troisième

problème: celui de la fabrication. Une fois l'uranium reçu, il faut le transformer en cœur nucléaire. Une manipulation complexe réalisée, pour presque toute l'Europe, par Cerca, une filiale d'Areva. Or, depuis l'accident de Fukushima, au Japon, l'Autorité de sûreté nucléaire a imposé de nouvelles normes. Cerca a dû reconstruire son usine. Le prix d'un cœur (environ 2 millions d'euros pour cent jours d'utilisation) a doublé. On imagine aisément les incidences sur le budget annuel de 10 millions d'euros d'Orphée, déjà considéré comme insoutenable dans le contexte actuel.

Sauf que cet abandon a un coût scientifique que toute la filière juge majeur. «La Coupe du monde approche, on paie pour la construction du grand stade mais on n'aura bientôt plus d'équipe», aime ainsi à dire un cadre du LLB.

L'ESS de Lund sera, en effet, pleinement opérationnel en 2025. Où travailleront, d'ici là, les quelque 1700 chercheurs français qui constituent aujourd'hui cette communauté de pointe? Et ensuite, où conduiront-ils les expériences «ordinaires»? Où formeront-ils leurs thésards? «Nous devons collaborer avec les autres sources européennes», assure Vincent Berger, pour le CEA. «Ils seront les bienvenus chez nous, répond Winfried Petry, directeur du réacteur FRM II, à Munich. Mais c'est du dépannage, pas une stratégie. Je ne comprends pas que la France sacrifie son avance. Je veux encore espérer qu'elle changera d'avis. Ou qu'elle développera une petite source de spallation nationale, pour rester parmi les pays qui comptent.» Pour le moment, rien ne semble lui donner raison. ■

TÉLESCOPE

Cosmologie
Lumière sur la masse manquante

Le bilan du contenu énergétique de l'Univers pose de gros problèmes: une énergie noire inconnue en compose 70 %, tandis que 25 % sont faits d'une matière de nature également mystérieuse. Même les 5 % restants, dits ordinaires, soulèvent des questions, car la moitié échappe à la détection! Une équipe internationale vient cependant de mettre la main sur cette part perdue, à proximité de filaments invisibles de plusieurs millions d'années-lumière de long, qui relient les galaxies, comme une toile. Cette matière émet des rayons X, repérés par le télescope spatial XMM de l'Agence spatiale européenne.

► Eckert et al., «Nature», 3 décembre.

Astrophysique
Le moteur d'un trou noir repéré

Une équipe internationale, utilisant le réseau de télescopes Event Horizon, a pour la première fois observé la localisation et les variations du puissant champ magnétique émis par le trou noir du centre de la Voie lactée, Sagittarius A*. Ce champ est soupçonné d'être responsable de l'éjection colossale de jets de matière et de rayonnement au voisinage de ce géant, quatre millions de fois plus lourd que le Soleil.

► Johnson et al., «Science», 4 décembre.



Carole, en lutte contre le cancer



Paul, malade d'Alzheimer



Jean, victime d'un AVC

Le plus insupportable serait de devoir choisir entre ces malades.

En donnant à la Fondation pour la Recherche Médicale, vous choisissez de lutter contre toutes les maladies.

Cancers, maladie d'Alzheimer, dépression, hépatites, insuffisance cardiaque, maladies rares... la Fondation identifie et finance, grâce à vos dons, les projets de recherche les plus prometteurs dans tous les domaines de la médecine.

Chaque année, plus de 750 recherches porteuses d'espoir de progrès médical sont ainsi développées. En soutenant la Fondation pour la Recherche Médicale, vous participez au développement d'une recherche médicale de pointe, au service de votre santé, de celle de vos proches. De la santé de tous.

Faites un don sur frm.org



POUR QUE LA RECHERCHE BÉNÉFICIE À TOUS



Fondation pour la Recherche Médicale - 54 rue de Varenne - 75007 Paris
Fondation reconnue d'utilité publique

Coupon à retourner à Fondation pour la Recherche Médicale

- Je fais un don (par chèque) de.....
 - Je souhaite en savoir plus sur les actions de la Fondation
- Ces demandes ne m'engagent en aucune façon.

Nom : Prénom :
Adresse : Code postal :
Ville : Téléphone : Email :

Conformément à la loi du 6/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux informations vous concernant, en vous adressant à la Fondation. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Si vous ne le souhaitez pas, vous pouvez cocher la case ci-jointe.

ESS, la Ferrari de la spallation

C'est un équipement exceptionnel que les pays européens ont décidé d'ériger en Suède. La source européenne par spallation (ESS) de Lund sera composée d'un accélérateur linéaire de 600 m de long permettant de diriger les protons à haute énergie vers une cible de tungstène. La réaction produite générera des neutrons «pulsés» qui pourront pénétrer les échantillons étudiés. Pas d'uranium enrichi, pas de déchets. Les concepteurs d'ESS assurent qu'il sera au moins dix fois supérieur à celui d'ILL, l'équipement européen de référence, installé à Grenoble. Les performances dépasseront aussi les principales sources en activité au Japon ou aux Etats-Unis. Une «formule 1» à 2 milliards d'euros. Premiers tours de roues en 2020, plein régime en 2025. Quinze pays européens, au premier rang desquels la Suède et le Danemark, financent le bolide. Mais qui pourra le piloter? L'accès pour les industriels s'annonce assez limité. Quant aux jeunes chercheurs, personne n'y songe: on n'apprend pas à conduire sur une Ferrari.



Consentement

Mieux informer les donneurs de tissus humains

BIOÉTHIQUE

Des traitements plus personnalisés pourraient émerger des banques d'échantillons biologiques. L'optimisation de leur exploitation est-elle compatible avec le respect des droits du patient ?

CATHERINE MARY

Au début des années 1980, le généticien Richard Ward, de l'université canadienne de la Colombie-Britannique, à Vancouver, obtint des 900 membres de la tribu amérindienne des Nuu-chah-nulth leur consentement pour mener des études sur leur génome. Rien ne pouvait alors laisser présumer la longue série de conflits qui allait opposer, vingt ans plus tard, généticiens et tribus amérindiennes. Leur motif ? L'utilisation de l'ADN des intéressés dans des conditions

différentes de celles décrites dans le consentement qu'ils avaient initialement signé.

Le projet de Richard Ward était pourtant simple. Rechercher, dans le génome des Nuu-chah-nulth, des variations génétiques pouvant expliquer la fréquence élevée de cas de polyarthrite rhumatoïde rencontrés dans cette tribu. Pour cela, il suffisait que les participants à l'étude signent un consentement éclairé, selon les lois de bioéthique en vigueur. La première étude, infructueuse, se déroula sans encombre. Mais les généticiens, souhaitant optimiser l'exploitation du matériel génétique qu'ils avaient à leur disposition, allèrent plus loin. Ils partagèrent l'ADN des Amérindiens avec d'autres gé-

néticiens, qui tentèrent à leur tour de le faire parler. Heurtés par ce qu'ils ressentirent comme une trahison, les Nuu-chah-nulth exigèrent réparation et engagèrent un procès contre les généticiens.

« Ces conflits avec les Amérindiens comme avec d'autres peuples premiers ont mis en lumière des problèmes compliqués liés au fonctionnement des recherches en génétique, et leur résolution a permis de faire avancer la réflexion dans ce domaine, même si d'importantes zones d'ombres persistent », commente Christine Noiville, juriste au CNRS et coauteure en 2009 d'un volume de la collection « Que sais-je ? » consacré aux biobanques, ces collections convoitées d'échantillons de sang, d'urine ou de tissus tumoraux.

« Les biobanques sont l'outil du XXI^e siècle pour faire de la recherche médicale. On est tous d'accord sur la nécessité de valoriser les résultats de leur exploitation, mais il s'agit de pouvoir articuler l'intérêt de la recherche, de la santé publique et des patients », poursuit-elle.

Evolution accélérée des biotechnologies et du traitement des données, amélioration des méthodes de conservation des échantillons biologiques et mondialisation des échanges sont autant de facteurs qui facilitent l'exploitation des biobanques. Des mines d'informations qui font autant rêver les chercheurs du secteur public que les investisseurs privés. A la clé, des corrélations toujours plus fines entre risque de maladie, profil



Dans cette biobanque suisse, les cellules souches de cordon ombilical sont conservées dans de l'azote à -150 °C.

AMELIE-BENOIST/BSIP

génétiq ue, âge et mode de vie, promettant l'avènement d'une médecine personnalisée faisant bénéficier chaque malade d'un traitement adapté à son profil. Le projet Precision Medicine Initiative, récemment proposé par les National Institutes of Health (NIH), aux États-Unis, prévoit ainsi le recrutement de 1 million de personnes dans le pays afin de constituer une biobanque permettant l'étude à long terme de corrélations entre gènes et santé. Le Royaume-Uni, l'Islande et l'Estonie disposent déjà de telles banques nationales, qui ont permis l'identification de prédispositions génétiques à des maladies telles que les cancers ou la maladie d'Alzheimer.

Le consentement libre et éclairé vise à garantir l'autonomie et la liberté de la personne

Mais ces enjeux, aussi importants soient-ils, ne peuvent en éclipser d'autres, d'ordre éthique. Car, avec les biobanques, les questions soulevées par les conflits entre les Amérindiens et les généticiens se trouvent ramenées au cœur d'une réflexion nouvelle, guidant la recherche d'un compromis entre maintien des principes du consentement libre et éclairé et efficacité de la recherche. Puisant ses fondements dans le procès des médecins nazis à Nuremberg, en 1947, le consentement libre et éclairé vise à garantir l'autonomie et la liberté de la personne, de manière à pallier la dissymétrie entre le médecin qui sait et le patient qui ignore. Il définit de manière précise les objectifs et les conditions de l'acte médical et donne au patient la possibilité de le refuser, ou de ne pas être informé, ainsi que d'interrompre à tout moment son engagement.

En cas d'examen génétiques, le consentement n'est accordé que pour une finalité donnée dans un contexte bien précis. Or, s'ils souhaitent rester compétitifs et valoriser leurs travaux, les chercheurs ont tout intérêt à se procurer des échantillons biologiques auprès de différentes biobanques et à les regrouper. Cela leur permet d'augmenter la taille des données à analyser et d'accroître la fiabilité de leurs résultats. Ils doivent aussi pouvoir les conserver pour les exploiter au moment opportun à la faveur d'une avancée technologique. « Les technologies évoluent si vite que vous ne pouvez pas prédire ce que vous allez faire l'année suivante », note ainsi Timothy Spector, du King's College de Londres, non sans avoir vanté les qualités de la biobanque qu'il dirige, la Twins-UK. Avec ses génomes, protéomes et microbiomes collectés auprès de quelque 13 000 vrais et faux jumeaux, elle est l'une des plus riches collections de données sur les jumeaux du monde, et promet la pos-

sibilité d'établir des corrélations inédites entre patrimoine génétique, environnement et risque de maladie.

A condition d'éviter les erreurs du passé, comme celle qui conduisit à la stigmatisation des Amérindiens de la tribu Havasupai, en Arizona. Dans les années 1990, leur taux élevé de diabète de type 2 attira l'attention des généticiens. Mais leur ADN fut endommagé lors d'une panne de congélateur, et les chercheurs, ne pouvant pas l'étudier, le conservèrent. Une démarche justifiée de leur point de vue puisque, dans les années 2000, de nouvelles techniques d'analyse leur permirent de poursuivre leurs recherches. Mais loin d'apporter le résultat espéré, les études révélèrent le taux élevé de consanguinité des Havasupai, dont la population ne comprenait, au début du XX^e siècle, que quatre-vingts adultes en âge de procréer. D'où le procès intenté par les Havasupai aux généticiens.

Autre pierre d'achoppement, la confidentialité des données stockées dans les biobanques. En France, une banque de données médicales ne peut être constituée qu'avec l'accord de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), sous réserve d'anonymisation des données. Pourtant, le système de double chiffrement utilisé n'exclut pas le risque que ces données soient de nouveau identifiables, et donc celui de leur utilisation abusive par les employeurs ou par les assureurs.

En conséquence, le remaniement du consentement libre et éclairé se révèle nécessaire. « Il faut concilier la liberté de choix de l'individu et la protection des données personnelles avec les nouvelles modalités de la recherche qui se développent aujourd'hui. Cela n'est possible que par l'association du patient au projet de recherche », résume ainsi Georges Dagher, qui dirige l'infrastructure nationale Biobanques, financée par le programme « Investissements d'avenir » et regroupant 84 biobanques en France dans le cadre d'un réseau européen qui en compte plus de 300 (*Le Monde* du 16 juin 2014).

Une table ronde intitulée « Consentement et recherche », organisée en mai par Biobanques, a ainsi permis d'esquisser les contours d'un nouveau cadre éthique. Celui-ci, avance Georges Dagher, pourrait prévoir « un consentement avec une pluralité de finalités scientifiques. En échange, le patient disposerait de garanties sur le respect des principes éthiques, en particulier sur la confidentialité des données, la qualité scientifique des études et le cadre de recherche ».

Outre-Manche, la sociologue Barbara Prainsack, du King's College de Londres, propose un modèle apparenté s'appuyant sur le principe de solidarité. Le patient serait amené à signer, en plus du consentement éclairé, une « déclaration de mission » l'informant de l'ensemble des risques sur ses données et sur la gouvernance des biobanques. Pour chaque biobanque, une commission de recours serait également créée, à laquelle le patient pourrait s'adresser en cas de violation de la confidentialité. « Il ne s'agit pas seulement de signer un document et de protéger l'institution, mais il s'agit aussi pour le patient de comprendre vraiment ce qu'est une biobanque, la manière dont elle est dirigée et les risques, même minimes, de dévoilement de ses données », souligne-t-elle.

Soigneusement mis en place, ces modèles participatifs peuvent bénéficier à l'ensemble des acteurs. En témoignent les collaborations réussies entre généticiens et Amérindiens, après les conflits qui les avaient opposés. Les membres du peuple Gitksan ont ainsi œuvré aux côtés des généticiens pour élucider les fondements génétiques de leur fréquence 50 fois plus élevée que la moyenne de syndrome de QT long, une anomalie congénitale rare du système cardiaque pouvant causer une mort subite. Activement impliqués dans le projet de recherche, les Gitksan ont contribué à l'élaboration des protocoles et ont disposé d'un droit de regard sur les résultats scientifiques, avant leur publication. Chercheurs et patients ont ainsi révélé ensemble l'existence d'une mutation en cause dans le syndrome de QT long.

La course à la productivité pourrait bien, pourtant, reléguer au rang d'utopies ces expériences réussies. L'usage

généralisé des termes « données de santé » a ainsi déjà sorti les données médicales du domaine balisé de la médecine pour les rendre accessibles au marché. Réduites à de simples marchandises, elles s'acquiescent au coût le plus bas, se stockent et se monnaient. Et les stratégies développées par certaines compagnies privées ne s'encombrent désormais plus de consentement libre et éclairé.

La société américaine de biotechnologie 23andMe propose, pour le coût modique de 99 dollars (94 euros), la réalisation d'un test génétique sur les origines, grâce à un kit de prélèvement de salive vendu sur Internet. Une vente qui permet aussi à 23andMe l'acquisition insidieuse des données des clients. Il suffit en effet de cocher une case dans le formulaire de vente pour autoriser 23andMe à utiliser le matériel génétique ainsi fourni pour des projets de recherche médicale. Stratégie gagnante, puisque la société a pu constituer une banque de plus de 1,5 million de génomes.

« En faisant participer les individus, 23andMe a construit une base de données qu'aucune institution au monde ne possède », commente ainsi Georges Dagher, avec un mélange d'admiration et de scepticisme. « Cela ne veut pas dire que nous devons faire la même chose, mais la recherche d'aujourd'hui se fait sur ces bases de données-là, d'où l'importance pour les institutions publiques d'impliquer les patients en créant de vraies relations de confiance », insiste-t-il.

En janvier, un accord commercial entre la compagnie pharmaceutique Pfizer et 23andMe a donné l'accès à Pfizer à 800 000 des génomes de 23andMe, pour des études sur les prédispositions génétiques aux maladies, notamment au lupus. La société Amgen vient de lui emboîter le pas aux États-Unis. En échange de la carte Copay, donnant accès au tiers-payant pour son anticholestérol Repatatah, Amgen a récemment exigé des patients leur autorisation à utiliser et échanger leurs données médicales, sans aucune garantie de confidentialité. Le tollé soulevé par cette pratique a néanmoins conduit Amgen à resserrer ses garanties en termes de confidentialité et de partage des données.

Une « déclaration de mission » informerait le patient des risques sur ses données et sur la gouvernance des biobanques

La loi du marché tend à s'imposer dans le domaine prometteur des cellules souches. Aux États-Unis, la réglementation de la Food and Drug Administration, l'agence des médicaments, encadre strictement l'usage des cellules souches à des fins thérapeutiques. Pourtant, des centaines de cliniques s'implantent dans le pays pour proposer des traitements non validés pour des pathologies telles que la sclérose amyotrophique latérale, la maladie de Parkinson ou la sclérose en plaques. L'information fournie au patient ? Un argumentaire commercial, subtil et trompeur, vantant les bénéfices de ces traitements tout en minimisant les risques.

D'où les inquiétudes du côté des bioéthiciens. « Il existe une tension croissante entre la volonté de maintenir un cadre éthique garantissant l'intégrité du corps et l'autonomie du patient et de puissantes incitations financières à transgresser ce cadre », s'inquiète ainsi le bioéthicien Leigh Turner, de l'université du Minnesota. « Il y a cinq ans, en 2010, la conférence mondiale sur l'intégrité de la recherche, qui avait eu lieu à Singapour, s'était conclue par une déclaration promouvant un code de bonne conduite en matière d'intégrité », résume Noémie Aubert Bonn, doctorante en bioéthique à l'université de Hasselt, en Belgique. En 2015, à Rio, les présentations dans leur ensemble allaient plus loin. Elles soulignaient l'incompatibilité entre les attentes éthiques et les attentes de productivité. ■

« Les médecins ont multiplié les casquettes »

Leigh Turner est professeur de bioéthique à l'école de santé publique de l'université du Minnesota, aux États-Unis. En 2004, après le décès d'un patient schizophrène, Dan Markingson, au cours d'un essai clinique dans le département de psychiatrie de l'université, Leigh Turner se joint au groupe de soutien qui s'est constitué autour du bioéthicien Carl Elliott pour exiger une enquête indépendante. Les résultats de cette enquête ont été publiés en février. Ils dressent un bilan accablant des conflits d'intérêts au sein de cette université et sur leurs conséquences pour le consentement du patient.

L'enquête sur la mort de Dan Markingson a révélé d'importants manquements éthiques. De quoi s'agit-il ?

L'enquête a montré que Dan Markingson a signé lui-même son consentement pour être intégré à cet essai clinique. Or le diagnostic posé par le psychiatre qui le suivait le jugeait inapte à exercer son libre arbitre. Ce même psychiatre était également l'investigateur de l'essai clinique, et il percevait 15 000 dollars (14 200 euros) par patient enrôlé de la part d'AstraZeneca, la compagnie pharmaceutique qui le finançait. La situation est encore plus inquiétante lorsqu'on replace ce cas dans le contexte général de la recherche clinique au sein de l'université du Minnesota. L'enquête a analysé les protocoles de plus de vingt essais cliniques en cours, révélant que les problèmes éthiques n'étaient pas discutés au cours des réunions de suivi de ces essais, notamment les risques et les bénéfices pour le patient. Les dirigeants du département de psychiatrie ont réagi par la défensive à nos requêtes. En outre, l'enquête a montré qu'il y régnait un climat de peur.

Ce cas est-il révélateur d'une situation plus générale ?

Il est emblématique des conditions de la recherche médicale, avec l'implication des compagnies pharmaceutiques, finançant à coups de millions de dollars les recherches menées au sein de cette université. La réflexion sur le consentement éclairé permet aussi de se pencher sur les changements majeurs survenus au cours des vingt dernières années. Au-delà de la distinction traditionnelle entre secteurs public et privé, les intérêts économiques se sont immiscés au cœur même de la pratique médicale. Les médecins sont à la fois entrepreneurs, investigateurs d'essais cliniques pour un laboratoire pharmaceutique, experts de santé publique : cette multiplication des casquettes favorise la confusion des rôles. Il ne s'agit pas seulement de l'influence de l'industrie pharmaceutique, mais aussi du rôle d'entrepreneur que jouent les médecins, incités à récolter des fonds pour financer leurs recherches en dehors du secteur public et à les valoriser.

Quelles sont, selon vous, les dérives les plus inquiétantes ?

Le consentement éclairé se réduit de plus en plus souvent à un document contractualisant la relation entre le patient et le médecin, alors qu'il doit être le résultat d'un processus au cours duquel le patient prend sa décision. Il doit s'appuyer sur un vrai dialogue, au cours duquel le médecin doit s'assurer que le patient a bien compris les risques de l'essai clinique dans lequel il est enrôlé. Or le temps nécessaire à ce dialogue est négligé dans la pratique. A cela s'ajoute le langage de plus en plus technique du médecin, que le patient ne comprend pas. Dans certaines disciplines, comme l'oncologie, le consentement est long et compliqué, ce qui crée une dissymétrie entre le patient et le médecin.

Le consentement éclairé peut-il être un levier pour la réflexion sur les droits de l'homme ?

Dans certains cas, le consentement est un levier pour améliorer l'encadrement des essais cliniques dans les pays du Sud, où les réglementations sont moins strictes que dans les pays du Nord. Lorsqu'un essai clinique est mené dans un pays du Sud par des chercheurs venant du Nord, une réflexion se met en place pour que cette étude soit menée suivant les meilleurs critères éthiques, tout en respectant la réglementation du pays concerné. Mais la tendance inverse existe également, car il ne faut pas négliger les aspects les plus féroces de la mondialisation. L'économie est un puissant moteur, et les exigences moindres en matière de bioéthique rendent les essais cliniques moins coûteux dans les pays du Sud. Depuis une vingtaine d'années, compagnies pharmaceutiques, organisations non gouvernementales et institutions de santé délocalisent leurs essais cliniques dans des pays tels que la Chine, l'Inde ou les pays de l'Est. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR C. MY

Dans l'intérêt de la personne

La notion de consentement volontaire apparaît pour la première fois dans le Code de Nuremberg, établi lors du procès contre les médecins nazis en 1947. Elle est ensuite reprise en 1964 dans la déclaration d'Helsinki de l'Association médicale mondiale, visant à énoncer les principes éthiques encadrant la recherche médicale. Elle associe le consentement à l'intérêt de l'individu, et introduit une dérogation en cas d'incapacité de la personne à consentir. Elle est aussi à l'origine de la création des comités d'éthique auxquels doit être soumis tout projet de recherche médicale.

En France, l'obtention du consentement pour la recherche médicale a été rendue obligatoire en 1988, par la loi Hurriet-Sérusclat. Ce consentement doit être libre et informé, c'est-à-dire que le patient est libre de réfléchir et reçoit l'information la plus objective et la plus compréhensible possible. Son encadrement est régulièrement révisé à mesure que la société et la pratique médicale évoluent. La loi Kouchner de 2002 concerne le soin. Elle introduit la notion de décision conjointe entre le médecin et le malade et son droit de refus, faisant évoluer la notion de consentement vers la notion de choix.

Les Simpson, forts en maths

LE LIVRE

Les aventures des personnages de Matt Groening sont truffées de références mathématiques

HERVÉ MORIN

Un complot pour éduquer secrètement les spectateurs de dessins animés. A la lecture du nouveau livre du journaliste scientifique britannique Simon Singh, *Les Mathématiques des Simpson*, David X. Cohen, un des auteurs de la série américaine, est passé aux aveux. Dans une vie antérieure, il a étudié la robotique et l'informatique à Harvard et Berkeley. Comme nombre de scénaristes des aventures de Bart, Homer, Marge, Lisa, Maggie et des habitants de Springfield, David Cohen est un nerd, un passionné de sciences, et de mathématiques en particulier. Et tout comme eux, il ne peut s'empêcher de truffer les épisodes de références plus ou moins cryptiques à sa discipline favorite – quand il ne fait pas de celle-ci le moteur des rebondissements ou de l'intrigue. L'équipe qui imagine et fabrique la série créée en 1987 par le dessinateur Matt Groening compte en effet une concentration impressionnante d'obsédés des chiffres, d'anciens « mathlètes » (adeptes de tournois mathématiques), qui ont parfois fait de la recherche académique avant de succomber aux sirènes d'Hollywood. Simon Singh, qui s'était illustré naguère en publiant une brillante *Histoire des codes secrets*, était tout indiqué pour dévoiler l'entreprise de recréation du grand public menée à son insu par ces agents du *soft power* américain.

Des fractales aux nombres premiers

Souvent subliminale, la présence des mathématiques dans l'univers des Simpson n'a pas échappé aux aspirants au « nerdvana », le paradis des nerds. Des universitaires, cités par Singh, utilisent la série pour nourrir leurs cours. Et des fans scrutent chaque épisode, télécommande en main, pour stopper la diffusion dès que des nombres ou des indices plus anodins apparaissent à l'écran, qui sont autant de défis et références lancés à leur sagacité. Pour le béotien, Simon Singh fait défiler au ralenti ces extraits, dont il expose toute la profondeur : de Pythagore à Stephen Hawking, en passant par Fermat ou Cantor, des fractales aux nombres premiers, sans oublier les statistiques du base-ball, un autre monde se révèle derrière celui en 2D de Springfield.

Pourquoi ces auteurs montrent-ils un tel talent pour inventer des blagues qui marient non-sens et condition humaine ? L'un d'eux offre une double réponse à Singh. Ses collègues nerds brûleraient de prouver qu'ils ont du cœur. Mais aussi, explique-t-il, parce que « plus vous pensez à la logique, plus vous avez du plaisir à la tordre et à la déformer. Je pense que l'esprit logique trouve un énorme humour dans l'illogisme ». Leur génie, c'est de savoir glisser cette fausse logique dans des situations compréhensibles par le grand public. On mesurera l'écart entre l'humour purement mathématique et celui, plus universel, des Simpson, grâce à une série de blagues que Simon Singh propose en guise de test. Mais sans doute une part de leur savoir a-t-elle été perdue lors de la traduction, qui parfois montre quelque faiblesse – seul regret concernant un livre qui se dévore comme un doughnut. ■

« *Les Mathématiques des Simpson* », de Simon Singh (*Télémaque/Science & Vie*, 306 p., 22 €).

Agenda

Conférence « Ensemble, pour l'avenir des grands singes »

Primatologue au Muséum national d'histoire naturelle de Paris, Sabrina Krief y organise, le 12 décembre, une conférence sur la sauvegarde et à la protection des grands singes, dont les populations sont menacées en Asie et en Afrique. Elle présentera notamment les résultats d'un projet de protection des chimpanzés sauvages engagé à Sebitoli, en Ouganda.

► Samedi 12 décembre, Muséum d'histoire naturelle, entrée libre sur inscription : mnhn.fr/avenir-des-grands-singes

Comment venir à bout des graffitis dans les toilettes



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur
Passeurdessciences.blog.lemonde.fr

Jadis, cette chronique s'est demandé si lire aux toilettes était bon pour la santé. Après la question de la lecture, il fallait se poser celle de l'écriture au petit coin, et notamment dans les latrines publiques, ces lieux dont les occupants prennent tellement leurs aises

qu'ils en laissent des graffitis sur les murs. L'habitude n'est pas nouvelle puisqu'on en a retrouvé à Pompéi et à Herculanium, comme ce magnifique « *Apollinaris medicus Titi Imp hic cavit bene* ». Précisons, à l'intention des non-latinistes ou de ceux qui ont calé une armoire avec leur Gaffiot, que ce mot n'évoque pas les aventures de Titi et Grosminet mais signifie : « *Apollinaris, médecin de l'empereur Titus, a ici bien chié* ». Tout comme l'appétit vient en mangeant, la scatologie vient en se soulageant...

De la même manière, il faut détromper ceux qui croiraient, en lisant le court mot « *Mentula VHS* », que les Romains avaient déjà des cassettes vidéo. Non, cela dit simplement : « *Une bite pour 5 sesterces* ». A tout point de vue, on n'a donc rien inventé. Il n'en reste pas moins que les graffitis déposés par les artistes de tartineries finissent par coûter fort cher en frais de peinture et de ravalement intérieur. Il fallait par conséquent que le Superman des temps modernes, j'ai nommé la science improbable, s'en mêle, en la personne de Stuart Watson, de l'université du Mississippi, qui, à l'occasion d'une mémo-

nable étude publiée en 1996 par le *Journal of Applied Behavior Analysis*, a trouvé la solution miracle pour venir à bout des poètes et dessinateurs de goguenots. La menace de sanctions ne donnant rien – si ce n'est un « *Il est interdit d'interdire* » narquoisement tagué sous un panneau interdisant les graffitis –, ce spécialiste de psychologie a tenté une approche plus subtile.

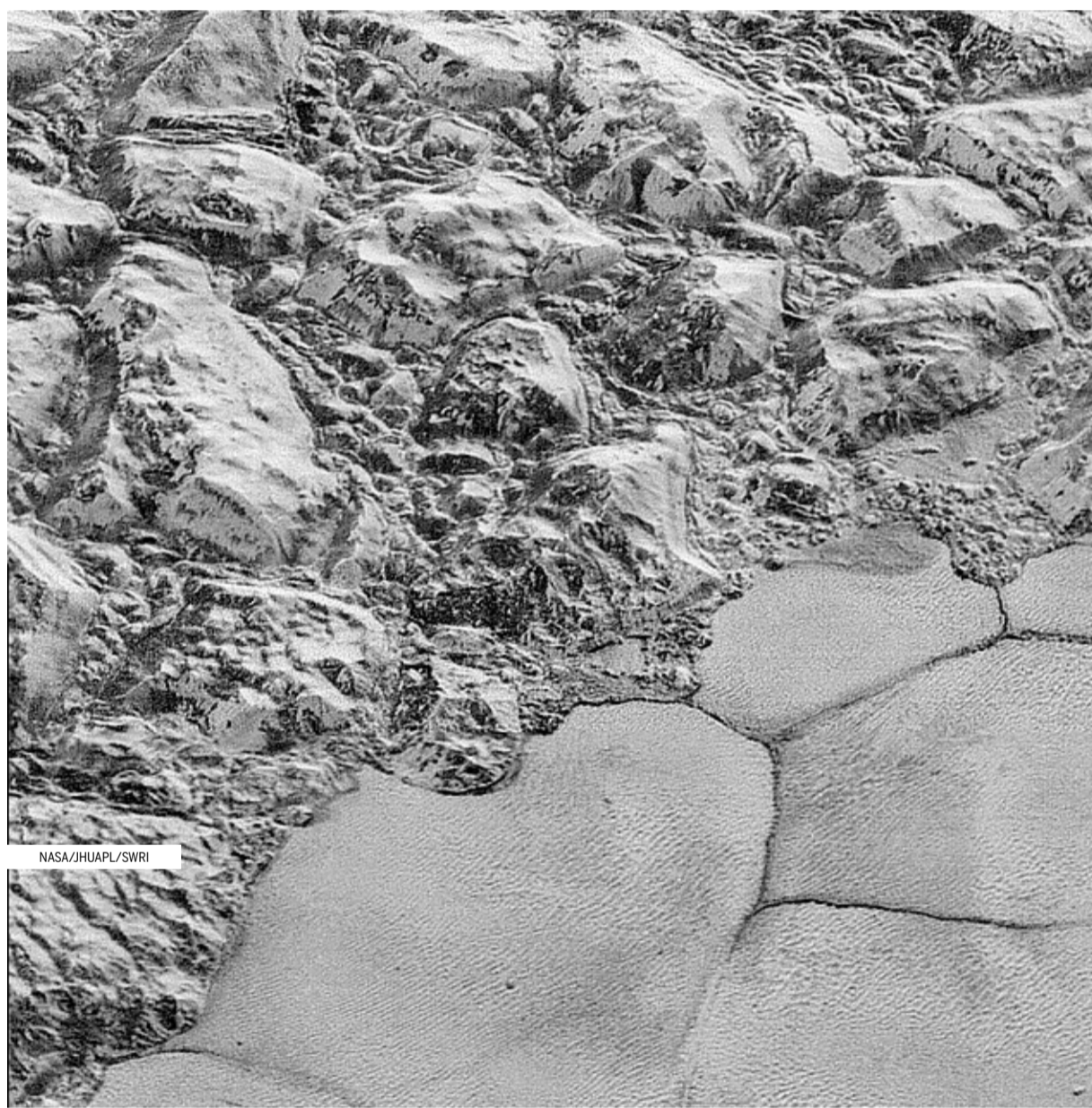
Le terrain d'expérimentation

Le chercheur a pris pour terrain d'expérimentation trois toilettes publiques pour hommes situées sur un campus universitaire américain. Pourquoi uniquement pour hommes et pas aussi pour dames, diront les tenants de la parité ? Pour qui n'a jamais fréquenté les W.C. réservés aux membres du sexe fort, rappelons qu'en plus de ressembler à une porcherie après l'orage, l'endroit montre que ces messieurs sont passés champions dans l'art d'étaler bêtises, insultes et cochonnetés sur les murs, le tout avec une maîtrise du graphisme et de l'orthographe digne d'élèves de CP. M. Watson a commencé son étude en faisant repeindre les murs. Puis il

a compté à quelle vitesse les éphémères occupants des lieux les retapisaient – jusqu'à 125 caractères ou dessins par jour.

Fort de ces statistiques, il a fait donner un nouveau coup de peinture, mais cette fois en affichant un petit panneau expliquant qu'un médecin du cru avait accepté de verser une certaine somme d'argent à une organisation caritative célèbre aux Etats-Unis – United Way of America – « *pour chaque jour où ces murs [resteraient] vierges de tout message, dessin, ou de toute autre marque. Nous apprécions grandement votre soutien à United Way* ». Le médecin en question n'était autre que l'auteur de l'étude. Quant à la somme, il s'agissait de 5 cents par jour – la science est pauvre, ou radine, ou les deux.

Puis le chercheur a attendu. Et, pendant les trois mois qu'a duré l'expérience, son « graffitogramme » est resté désespérément plat et chaque mur immaculé. Là où les menaces et interdictions avaient échoué, l'appel à la générosité et à l'altruisme avait remporté un éclatant succès. On suppose que l'auteur s'est dit en conclusion : « *Elémentaire mon cher Watson* ». ■



NASA/JHUAPL/SWRI

Pluton sous la loupe

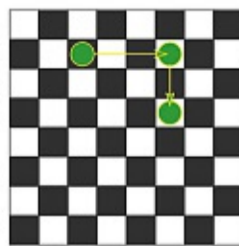
De nouvelles images spectaculaires de Pluton, prises le 14 juillet par la sonde américaine New Horizons, viennent d'être mises en ligne par la NASA. Ce sont les premières d'une série de photographies dont l'Agence spatiale américaine indique qu'elles offriront la meilleure définition disponible, avec des pixels correspondant à des détails de 80 mètres. Elles concernent une bande verticale d'environ 80 kilomètres de large. Le cliché ci-contre présente la frontière entre la plaine Spoutnik et une zone montagneuse formée par de vastes amas de glace d'eau. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE

Tour de piste

Une tour voudrait parcourir, en 63 sauts horizontaux ou verticaux, les 64 cases d'un échiquier en partant de l'une d'entre elles à son choix sans jamais revenir sur une case déjà atteinte (elle peut en revanche sauter par dessus ces cases).

Lors de chaque saut, elle marque autant de points que d'unités parcourues, l'unité étant le côté d'une case. Quel est le nombre maximum de points qu'elle peut atteindre ?



Sur ce début de parcours, la tour marque 3 points, puis 2 points.

SOLUTION DU N° 941

• Dès lors que les chemins ne s'écartent pas trop, il existe une unique position où la distance entre les deux points où ils se trouvent est celle qu'ils viennent de parcourir. On considère deux fonctions affines du temps : la distance commune parcourue et celle entre les deux positions. La première est continue croissante, tandis que l'autre, continue aussi, décroît si les chemins se rapprochent, est constante s'ils sont parallèles et croît moins vite s'ils ne s'écartent « pas trop » (on peut calculer précisément quand). Dans ces cas, il y aura une unique solution.

• Selon les différents cas où cette position existe, on peut trouver une construction correspondante « à la règle et au compas ». Voici celle du cas le plus standard, où les directions se coupent en C dans le cas où $BC < AC < 2BC$. $AC = c$. On trace successivement :
– le point D sur [BC] tel que $BD = c$;
– le point E sur la parallèle à (AB) passant par C tel que $DE = c$;
– le point F sur le prolongement de [BA] tel que $EF = c$ (d'où $EF//AC$) ;
– l'intersection G de (EB) et (AC) ;
– le point H de [BC] tel que $GH//ED$; G et H sont les positions cherchées. En effet, BDE est isocèle, donc aussi BHG, qui lui est homothétique :

d'où $BH = HG$. DEF est isocèle, donc aussi HGA qui lui est homothétique : d'où $HG = GA$.

• PS au numéro 940
Merci à notre lecteur Yves Archambault qui nous a transmis un programme en C montrant qu'Alice gagne avec 17, 21 ou 25 cases de large.

ÉLISABETH BUSSER ET GILLES COHEN © POLE 2015

www.affairedelogique.com

N° 942

Lyon au centre de la culture scientifique

• Hypatie d'Alexandrie au Théâtre Carré 30, du 10 au 13 décembre
Au Carré 30 (12, rue Pizay, Lyon 1^{er}), la Compagnie des sauvages donne quatre représentations d'Hypatie d'Alexandrie, une pièce de Jörg Bendrat d'après une idée originale de Klaus Hoeschmann. Comment Hypatie, la plus grande mathématicienne de son époque, a-t-elle pu devenir victime de la lutte qui opposa en 415 le patriarche d'Alexandrie au gouverneur d'Égypte ? Les faits sont historiques, les dialogues imaginaires, le fil rouge du drame une sorte de puzzle géant où l'on navigue entre énigme mathématique et intrigue policière. Informations sur <http://carre30.fr/theatre/> ou <http://www.sauvages.org>

• Exposition « Boîtes noires », à Vaulx-en-Velin, jusqu'au 3 janvier
Le planétarium de Vaulx-en-Velin, dans la banlieue de Lyon, présente l'exposition « Boîtes noires, empreintes du monde et paysages intérieurs ». Son parcours propose une exploration de la lumière à travers des objets d'artistes, de chercheurs et de philosophes. Véritable cabinet de curiosités, l'exposition, qui évoque le motif des « boîtes noires », des premières chambres noires aux écrans d'ordinateur, s'appuie sur des modèles mathématiques décrivant le comportement de particules en physique ou celui des hommes en sociologie, dont seule la mise en image permet parfois la lecture. On peut y admirer des œuvres comme la *Courbe chromatique décrivant les recherches de Maxwell* ou comme ce champ de vecteurs reproduisant les *Mouvements turbulents sous la surface de l'eau*. Des dispositifs interactifs, où les images se déforment selon les mouvements du public, complètent ce parcours.
A cette occasion, le 9 décembre à 20 heures, Bruno Mansoulié (CEA) et Laurent Derobert (CNRS) donneront une conférence, « Traduire le monde en images », précédée de l'écoute dans le noir d'une pièce musicale de Grégory Beller (Ircam). Informations sur : <http://www.planetariumvvp.com/expotemp/>
• Signalons enfin l'exposition « L'art et la machine », au Musée des Confluences.

FLORENCE ROSIER

L'Italie, bien sûr: cet accent coloré, ce goût du rire, cette élégance de l'habit et de l'esprit... Mais aussi la Sicile, terre volcanique et stratégique, de sécession parfois. De son île natale, Pier Vincenzo Piazza a hérité une allure et un tempérament. Il y mêle une touche personnelle, faite d'exigence intellectuelle et d'opiniâtreté. «*Pier Vincenzo Piazza a l'allure du Sud et la rigueur du Nord*», résume le professeur Amine Benyamina, psychiatre, responsable du Centre d'addictologie de l'hôpital Paul-Brousse à Villejuif (Val-de-Marne).

Mardi 8 décembre, le professeur Piazza, 54 ans, recevait le Grand Prix Inserm 2015 «*pour l'ensemble de ses recherches sur les mécanismes physiopathologiques des maladies psychiatriques*». Le 24 novembre, l'Académie des sciences l'honorait du prix Lamonica de neurologie.

C'est dans la voie des addictions, et des raisons pour lesquelles certains y sont plus vulnérables que d'autres, qu'il s'est illustré. Une voie jalonnée, depuis 1989, par six publications dans la revue *Science*, et quelques autres dans *PNAS* et *Nature Neuroscience*. «*Le docteur Piazza est, au plan international, un des experts les plus reconnus de la recherche en addictologie*, estime le professeur Yavin Shaham, responsable des neurosciences comportementales du National Institute on Drug Abuse (NIDA), à Baltimore (Etats-Unis). *Ses nombreux travaux publiés, issus de l'étude de modèles animaux, ont eu un impact notable sur l'orientation des recherches de ce domaine.*» Travaux que Pier Vincenzo Piazza résume ainsi: «*Une des principales contributions de mon groupe a été de révéler l'existence d'une vulnérabilité biologique individuelle à la toxicomanie – il y a vingt-cinq ans, ce concept n'était pas du tout évident – et d'en démontrer les mécanismes.*»

La recherche: une évidence de toujours. «*La première fois que j'ai dit que je voulais être chercheur, j'avais 4 ou 5 ans. J'ignore d'où cela m'est venu.*» Peut-être d'un arrière-grand-père professeur de médecine et chercheur, mort quelques mois plus tôt. Pier Vincenzo Piazza a grandi dans un environnement où la connaissance était très présente: un père architecte ingénieur, une mère ayant fait son droit.

Après des études de médecine et de psychiatrie à Palerme, Pier Vincenzo Piazza arrive en France en 1988, pour un postdoctorat dans le laboratoire du professeur Michel Le Moal, membre de l'Académie des sciences et qui sera son mentor à Bordeaux. Michel Le Moal a dirigé en France les premiers laboratoires dévolus à des recherches sur la psychobiologie de l'adaptation, la résilience et la vulnérabilité, et créé la psychopathologie expérimentale «*Je devais rester six mois à Bordeaux, j'y suis toujours*», dit Pier Vincenzo Piazza. Son parcours sera fulgurant. Moins d'un an après son arrivée, il publie son premier article dans *Science*. L'année suivante, il intègre l'Inserm.

Pier Vincenzo Piazza dirige aujourd'hui le Neurocentre Magendie de l'Inserm à Bordeaux, spécialisé dans les études intégrées en neurosciences, qui regroupe 192 personnes. «*Il est mon plus brillant élève, c'est naturellement qu'il m'a succédé à la tête de ce centre*, dit Michel Le Moal. *Par nature, c'est un entrepreneur. Il est toujours sur la crête, insatiable dans sa quête de nouveauté.*»

«*Ce qui caractérise le docteur Piazza, analyse Yavin Shaham, c'est son opiniâtreté, alliée à son indépendance d'esprit. Brillant et créatif, il n'hésite pas à remettre en cause les dogmes et les chercheurs influents de son domaine.*» L'intéressé souligne, lui, la dimension dissidente de la recherche, par essence. «*Un chercheur qui découvre s'oppose toujours à une vision préexistante. Un postdoc peut découvrir qu'un Nobel a tort! Il faut alors rester imperméable à la stature de ceux dont on remet en cause les travaux.*» Ce côté iconoclaste a un prix: «*On le paie, notamment la première fois qu'on va à un congrès.*»

Mais, ajoute Pier Vincenzo Piazza, ce non-conformisme doit s'accompagner d'une grande humilité: «*Il arrive qu'on se trompe. Il faut rester ouvert aux critiques.*» Un équilibre un peu compliqué, reconnaît-il. «*Un chercheur est un mélange d'explorateur immobile et d'artiste, qui veut convaincre que sa vision du monde est la vraie.*»

L'enjeu de ses recherches? Découvrir pourquoi certaines personnes, après une consommation récréative de drogue, basculent dans l'addiction et d'autres non. Si vous fumez une fois, vous avez 33 % de risque de développer une addiction au tabac. Pour la cocaïne, l'héroïne et l'alcool, ce taux est de 25 %; pour le cannabis, de 15 %. La consommation de drogues est un comportement «normal»: il est présent chez toutes les espèces, du ver de terre aux primates, en passant par la mouche, le poisson et les rongeurs.

Le passage vers l'addiction se fait en trois étapes, raconte le chercheur. L'utilisation récréative est la première: 80 % des gens y sont vulnérables. Le passage à l'abus, avec une consommation chronique, marque la deuxième étape: les effets indésirables (phy-



Pier Vincenzo Piazza, directeur du Neurocentre Magendie, à Bordeaux.
RODOLPHE ESCHER POUR «LE MONDE»

Pier Vincenzo Piazza, accro à l'addiction

PORTRAIT | Ce neuroscientifique non conformiste reçoit le Grand Prix Inserm pour ses travaux sur la toxicomanie

siologiques et comportementaux) de la drogue se font sentir, mais on maîtrise sa consommation. On bascule dans la vraie toxicomanie quand on ne parvient plus à contrôler sa prise de drogue: le comportement se focalise sur la quête de cette substance, quitte à payer un prix très élevé.

Ce n'est pas le même type de vulnérabilité qui favorise le passage de la première à la deuxième étape, puis de la deuxième à la troisième. «*Le stress et les événements de vie négatifs augmentent le risque de passer à l'abus. Chez les individus exposés au stress, le système*

constitue un mécanisme naturel de défense contre les effets néfastes du cannabis chez l'animal. Comment? Elle empêche le principe actif du cannabis, le tétrahydrocannabinol (THC), d'activer pleinement ses récepteurs cérébraux. Un rétrocontrôle négatif, puisque c'est le THC lui-même qui déclenche la production de prégnénone, qui à son tour inhibe les effets du THC.

L'identification de ce mécanisme débouchera-t-il sur un traitement des addictions au cannabis? Pier Vincenzo Piazza a créé une start-up à cette fin. «*Nous avons développé des dérivés de la prégnénone stables et bien absorbés: ils pourraient être utilisables comme médicament.*» Avec l'une de ces molécules, les tests comportementaux se sont montrés favorables chez les rongeurs et le singe. «*Nous avons demandé à l'Agence américaine du médicament [FDA] l'autorisation de mener des essais chez l'homme.*» Si tout va bien, ces essais pourraient démarrer au second semestre 2016 chez des volontaires sains, dans un premier temps.

«*Le docteur Piazza a probablement mis le doigt sur un mécanisme qui pourrait révolutionner le domaine des addictions*», estime le professeur Benyamina, qui se dit «*impressionné*» de participer aux essais cliniques évaluant cette voie.

Pour lutter contre la toxicomanie, la France dépense 1,5 milliard d'euros, dont 19 millions pour la recherche. Le signe, selon le docteur Piazza, que «*la toxicomanie, dans l'inconscient collectif, reste perçue comme un vice, non comme une véritable maladie psychiatrique*». On dépense beaucoup dans la prévention, qui «*ne marche pas très bien en France, parce que nous ne sommes pas une société normative*». Mieux vaudrait, selon lui, déplacer nos efforts de prévention vers des efforts de détection précoce des sujets qui basculent dans l'addiction. ■

L'enjeu de ses recherches : découvrir pourquoi certaines personnes basculent dans l'addiction et d'autres non

dopaminergique [un des circuits cérébraux de la récompense] est hyperactif: il incite d'autant plus à consommer une drogue.» Chez l'animal, un stress prénatal rend l'adulte vulnérable à l'abus de drogues.

Ensuite, c'est une «perte de la plasticité synaptique» qui explique le basculement vers l'addiction. «*Chez les animaux qui développent une addiction, les synapses sont devenues incapables de faire de la "dépression à long terme". Cela se traduit par le fait que ces animaux ne parviennent plus à sortir du comportement addictif.*» Ceux qui résistent à l'addiction, en revanche, récupèrent cette plasticité altérée sous l'effet de la drogue.

En 2014, le groupe de Pier Vincenzo Piazza découvre qu'une hormone produite par le cerveau, la prégnénone – un neurostéroïde –,

Le camouflage électrique de la seiche

ZOOLOGIE



NATHANIEL HERZBERG

Le camouflage est un art. La peau du caméléon, les écailles du lézard des sables, les plumes de l'engoulevent du désert ou le pelage du lynx roux en offrent, entre autres, de saisissants exemples. Quant à la seiche commune, elle aurait presque sa place au musée, tant l'apparence de sa peau peut changer en quelques secondes (motifs, couleurs, texture) et passer d'un tableau pointilliste à un monochrome de Malevitch.

Le camouflage est aussi une science. Et là encore, ce céphalopode habitué de nos assiettes surpasse tous ses rivaux. Une équipe de l'université Duke, aux Etats-Unis, vient en effet de montrer comment, tel un sous-marin militaire, il réduit sa signature électrique pour échapper à ses prédateurs les plus redoutés: les requins. Publié dans la revue *Proceedings of the Royal Society B*, l'article offre un nouveau regard sur l'animal.

Les biologistes marins avaient déjà largement décrit ses réactions face à la menace. Une large gamme allant de la simple fuite au fameux jet d'encre, en passant par l'immobilité complète. C'est à cette dernière stratégie que les chercheurs américains se sont attelés. Attaquée par un requin, la seiche a, en effet, peu de recours. Détaler? Inutile, le squalo la rattrapera. Changer d'apparence ou se cacher dans son nuage sépia? Vain, là encore. Car l'œil ne constitue pas le principal organe de détection du requin. Il lui préfère les narines, et surtout ces petits capteurs installés au bout du museau, sensibles au champ électrique dégagé par ses proies.

Comme chez tous les êtres vivants, les échanges ioniques dans l'organisme de la seiche, et plus particulièrement dans ses branchies, produisent de tels champs. Mais elle vit dans l'eau salée, un excellent conducteur. Et dispose de trois grands orifices: une bouche constamment ouverte; des plis cillaires, par lesquels elle aspire l'eau; et un entonnoir, par lequel elle la rejette. A moins de 50 cm, elle libère donc une tension électrique que les chercheurs de Duke ont située dans une fourchette de 10 à 30 millivolts (mV). C'est peu, mais déjà trop: les biologistes ont installé un dipôle électrique simulant cette situation dans un aquarium et vu les requins se jeter sur le dispositif.



Seiche commune de la mer des Moluques.
DANIEL SELMECZI/STEVE BLOOM/BIOSPHOTO

«*Pour éviter ce danger, la seiche a trouvé une double parade*, explique Christine Bedore, première signataire de l'article, désormais professeure à la Georgia Southern University. *Elle se statue, réduit sa respiration. Et ferme les écailles. Ses huit bras forment un cône qui fait partiellement obstacle au champ électrique.*» Inférieure à 6 mV, la tension échappe au radar du requin, ont cette fois constaté les chercheurs.

Pour Ludovic Dickel, professeur d'éthologie à l'université de Caen et spécialiste des céphalopodes, «*cette étude est à la fois très belle et très innovante: questionner ainsi la proie et le prédateur présente une grande élégance; surtout, l'article met en évidence un comportement inconnu jusqu'ici. Ces animaux sont vraiment des extraterrestres.*»

Une autre planète? «*La seiche peut accomplir des tâches qui nous sont familières, et que l'on n'imagine pas chez un cousin de l'huître, comme apprendre à se déplacer dans un labyrinthe, le mémoriser*, note Ludovic Dickel. *Mais surtout, elle sait faire des choses dont nous sommes incapables: modifier l'apparence de sa peau, discerner la polarisation de la lumière, et contrôler sa signature électrique. Il n'y a plus de place pour l'anthropomorphisme. C'est sa façon de voir le monde qu'il faut étudier.*»

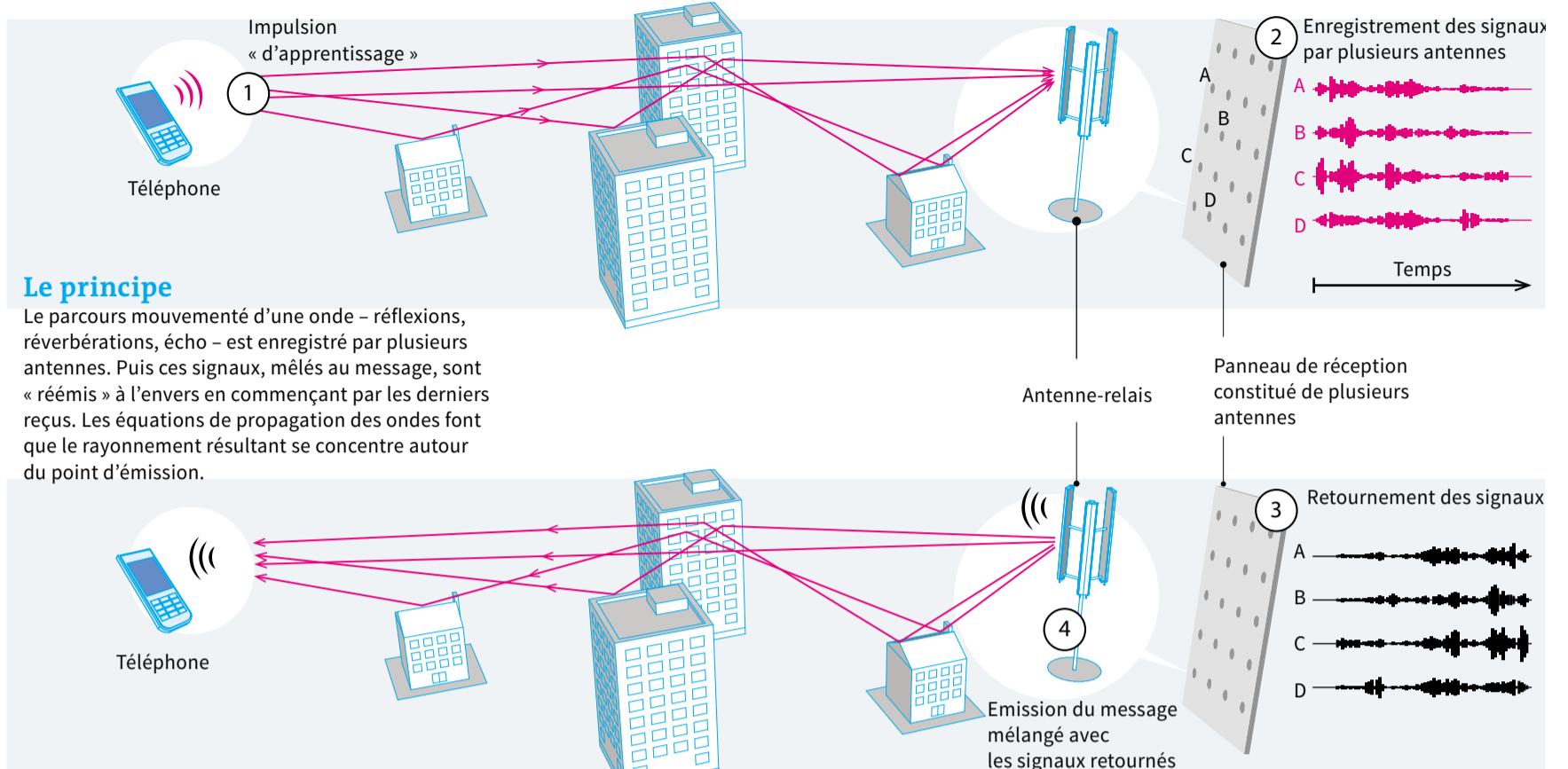
Une tâche à laquelle Christine Bedore va elle aussi s'atteler. Sans abandonner tout à fait sa passion d'origine, les requins. «*Mais je crois que leurs proies vont m'occuper un moment... Disons une bonne partie de ma vie.*» ■

Une antenne-relais qui suit l'utilisateur

La norme 4G de téléphonie ne s'est pas encore répandue partout que déjà les opérateurs envisagent la norme suivante. Orange a ainsi présenté, le 1^{er} décembre, lors de son Salon annuel de la recherche, une nouvelle antenne dont l'émission se concentre précisément sur le téléphone de l'utilisateur, au lieu de rayonner dans tout l'espace comme aujourd'hui. Ce faisant, la consommation d'énergie espérée pourrait être jusqu'à deux fois moindre qu'à l'heure actuelle. « C'est comme éviter de monter le volume d'un haut-parleur pour se faire entendre », explique Dinh-Thuy Phan Huy, ingénieur chez Orange Labs à Issy-les-Moulineaux.

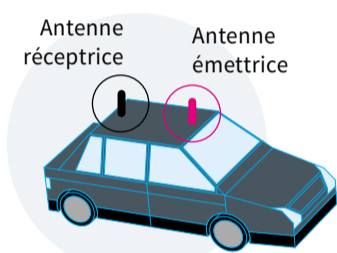
Le prototype a été développé par l'Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes, Télécom Bretagne, Thales, deux universités suédoises, l'entreprise Time Reversal Communications et l'Institut Langevin, à Paris. C'est de ce dernier laboratoire qu'est venue l'idée originelle, le retournement temporel. Démontré au début des années 1990 sur les ultrasons, puis le son, pour améliorer les communications ou l'imagerie, il fonctionne aussi avec les ondes électromagnétiques, à condition de disposer d'une électronique mille fois plus rapide. Il permet de renvoyer un signal exactement sur l'endroit d'où il est parti. Le système, protégé par quatorze brevets, fonctionne pour l'instant en intérieur, mais Orange entend poursuivre les développements pour l'extérieur. ■

DAVID LAROUSSE



Le principe

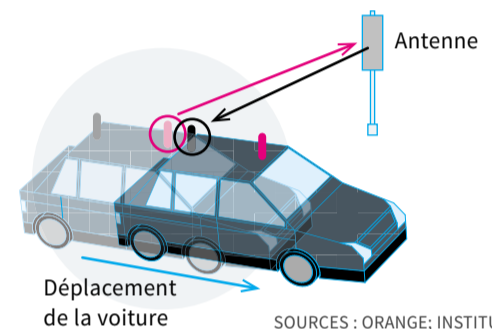
Le parcours mouvementé d'une onde – réflexions, réverbérations, écho – est enregistré par plusieurs antennes. Puis ces signaux, mêlés au message, sont « réémis » à l'envers en commençant par les derniers reçus. Les équations de propagation des ondes font que le rayonnement résultant se concentre autour du point d'émission.



INFOGRAPHIE : HENRI-OLIVIER

Pour les véhicules

Afin de tenir compte des déplacements rapides de voitures ou de trains, les ingénieurs doivent ajouter une seconde antenne derrière la première afin que la focalisation se fasse sur elle et assure une bonne transmission.



SOURCES : ORANGE; INSTITUT LANGEVIN

Pour l'historien du climat Emmanuel Garnier, les catastrophes dues à des phénomènes climatiques ont toujours été intimement liées à des causes anthropiques

Réchauffement : apprendre du passé pour mieux s'adapter

TRIBUNE

Ces dernières années, le terme « adaptation » fait florès, et il suffit d'écouter les médias et les décideurs pour se convaincre de son caractère désormais prioritaire. Pour autant, s'agit-il d'une totale nouveauté? Bien qu'il s'agisse d'un terme anachronique, l'historien observe plusieurs siècles d'exemples d'adaptation qui prouvent que les sociétés anciennes, confrontées à des « dérangements » ou encore des « monstrosités » du temps, ne se cantonnèrent pas à un comportement fataliste hérité du providentialisme.

Le disciple de Clio (muse de l'Histoire) constate également qu'il y a rarement monocausalité. Si le facteur climatique joue un rôle dans une catastrophe, c'est toujours conjugué à d'autres causes, le plus souvent anthropiques comme les conflits, la spéculation sur les marchés, les tensions politiques ou encore les aménagements aberrants des territoires.

Lorsque les Vikings colonisent l'Islande et le Groenland à dater du X^e siècle, ils ne font que profiter opportunément du petit optimum thermique médiéval qui libère les routes maritimes de l'Arctique. Et les coups de boutoir du petit âge glaciaire conduisent à l'abandon, au XIV^e siècle, des colonies scandinaves désormais incapables de faire face à la disparition des pâturages et à la fermeture des détroits septentrionaux. Il faudra attendre le XVIII^e siècle et son relatif « atténuement » pour voir à nouveau débarquer des colons.

D'une actualité brûlante pour une Europe confrontée à l'arrivée massive de réfugiés, l'exemple de l'expulsion des musulmans d'Espagne par Philippe III en 1609 prouve la complexité des mécanismes de migrations massives. Contre toute attente, le roi Très-Christien Henri IV les accueille en recommandant, par l'ordonnance de février 1610, « qu'il soit usé en leur endroit d'humanité pour les recueillir en ses pays et estats ». Les choses se gâtent néanmoins avec l'arrivée de dizaines de milliers de nouveaux exilés, dans un très mauvais état sanitaire, qui provoquent la saturation des hôpitaux et l'apparition d'épidémies.

C'est dans ce contexte social et religieux explosif que survient un cycle de sécheresses d'une gravité exceptionnelle au cours des années 1611-1614. En dépit des processions *pro pluvia*, rien n'y fait, l'aridité persiste, et l'on ne tarde pas à incriminer les « morisques ». Soumises à la pression de la populace, les autorités décident à leur tour de les exiler depuis Agde et Sète en direction de l'Afrique du Nord où, si l'on excepte le dey de Tunis, ils seront très mal accueillis ou même victimes des corsaires barbaresques.

Pour trouver des exemples plus positifs d'adaptation, il convient de changer d'échelle spatiale et de se tourner vers le terrain local, qui offre pléthore d'exemples. La plupart d'entre eux procèdent d'une réaction à des catastrophes vécues qui conduisent les communautés à faire preuve d'une étonnante résilience fondée sur des réflexes collectifs et individuels allant de l'alerte sonore (clochers et sirènes) et de la mise en sécurité quasi immédiate des personnes dans des secteurs « *insubmersibles de mémoire d'hommes* » à la création de paysages plus durables comme le bocage ou les zones humides.

Un programme de recherche européen sur les risques de submersion, RISC-Kit, pour lequel l'expertise historique est jugée primordiale, révèle ainsi la création de paysages littoraux européens adaptés aux risques. En construisant des espaces constitués d'épis à même d'engraisser les plages menacées par l'érosion, de zones humides pâturées, d'écluses à

« Au cours des années 1611-1614, c'est dans un contexte social et religieux explosif que survient un cycle de sécheresses d'une gravité exceptionnelle.

En dépit des processions « pro pluvia », rien n'y fait, l'aridité persiste, et l'on ne tarde pas à incriminer les « morisques » »

poissons faisant aussi office d'ouvrages de défense contre la houle, et enfin de noyaux urbains et villageois installés sur des sites élevés et éloignés du trait de côte, nos devanciers offrent une preuve supplémentaire de cette aptitude historique à l'adaptation.

Peut-on également imaginer que, dans les années 1780, le libraire Hardy écrive dans son journal que les Parisiens ont coutume d'observer l'échelle de crues du pont de la Tournelle, sur laquelle sont reportés les niveaux maximaux de la Seine depuis le XVII^e siècle? En fonction de ces observations, ils décident de s'installer à l'étage avec des vivres ou d'évacuer leurs logis.

A Toulouse, au XVIII^e siècle, les habitants des quartiers exposés aux inondations de la Garonne savent qu'ils doivent atteindre la rue des Couteliers pour leur sauvegarde. Là, les établissements religieux ont obligation de les accueillir et de les nourrir. Et afin

que tous se souviennent de ces événements, des ex-voto commémoratifs étaient déposés à l'église Notre-Dame de la Dalbade, qui en conserve encore aujourd'hui un nombre impressionnant.

Pour autant, les archives doivent-elles seulement raconter des histoires qui seraient autant d'ornements de la cause climatique? Ce serait réserver à Clio un sort bien dévalorisant au regard de tous les horizons qu'elle peut ouvrir en matière d'adaptation opérationnelle. En premier lieu, elle doit participer au combat contre le « dogme de l'inédit », qui tend à expliquer nos catastrophes récentes par le seul changement climatique. Approche perverse s'il en est puisqu'elle implique une causalité certaine entre l'un et l'autre et, par là même, une forme d'instrumentalisation occultant des décennies d'aménagements insensés à l'origine de la vulnérabilité de nos territoires et de leurs habitants. Le paradoxe veut que plus de vingt ans de gouvernance climatique mondiale aient souvent abouti à des processus de déconstruction des paysages durables.

Comme l'avait déjà montré en 2010 un rapport historique rendu aux commissions d'enquêtes parlementaire et sénatoriale sur la catastrophe Xynthia et resté lettre morte depuis, les archives auraient permis de renforcer la résilience des populations exposées en livrant de précieux retours d'expériences. Le premier d'entre eux concerne les systèmes d'alertes communautaires anciens qui tranchent avec la vision pyramidale des procédures actuelles, entièrement fondées sur des réseaux de transmission vulnérables. Enfin, l'observation du cadastre napoléonien des communes touchées le 5 octobre 2015 aurait montré que les prés et pâtures, non cultivées et inhabitées au XIX^e siècle, correspondaient aux limites des zones inondables, celles-là mêmes qui furent en partie urbanisées à dater des années 1980.

À l'instar de ce qui se pratique en Allemagne ou au Royaume-Uni, des repères de crues historiques sanctuarisés par la loi et de taille imposante auraient sans doute dissuadé élus et promoteurs d'y bâtir. Dans cette perspective, quasi prophétique est la déclaration de l'expert du cadastre quand il écrit en 1811, à propos de Mandelieu, que « son territoire est fréquemment submergé par les eaux de la Siagne et par celles des torrents qui descendent des montagnes et qui les couvrent presque entièrement pendant plusieurs mois de l'année... ».

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

Emmanuel Garnier, membre senior de l'Institut universitaire de France, directeur de recherche CNRS, historien du climat et des risques au laboratoire Littoral, environnement et sociétés (LIENSs, CNRS/université de La Rochelle).