



Myopie, tendance floue La part des jeunes des pays industrialisés présentant cette déficience visuelle ne cesse d'augmenter. Hypothèse : pour voir de loin, il faudrait voir dehors. **PAGE 2**



Bitcoin, monnaie pas si virtuelle Elle est loin de concurrencer le dollar, le yuan ou l'euro, mais cette unité de compte numérique pourrait chambouler le monde de la banque. **PAGE 3**



Autoportrait en robot L'informaticien et graphiste Patrick Tresset, après avoir perdu la passion du portrait, a créé Paul, un automate capable de dessiner des visages. **PAGE 7**

L'iboga, une drogue contre l'addiction

La racine de cet arbuste d'Afrique centrale, utilisée dans des rites initiatiques au Gabon, contient un alcaloïde capable d'induire un sevrage rapide et définitif chez certains toxicomanes. Mais l'ibogaïne est aussi un hallucinogène qui peut être mortel chez les personnes cardiaques. Enquête sur une substance prometteuse, mais dérangeante.

PAGES 4-5



La racine d'iboga râpée par un « nganga » (chamane). LAURENT SAZY/FEDPHOTO



CARTE BLANCHE

**Nicolas Gompel,
Benjamin
Prud'homme**

Généticiens,
Institut de biologie
du développement
de Marseille-Luminy (CNRS)
(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Le hasard, moteur de l'évolution

Les sociétés humaines, comme les espèces, évoluent grâce à leur capacité d'adaptation à un environnement complexe et toujours changeant. Pour les espèces, l'adaptation repose sur des innovations morphologiques, physiologiques et comportementales. Ces innovations évolutives résultent de deux phénomènes. D'une part, des mutations génétiques, aléatoires, source des nouveautés, et d'autre part, de la sélection naturelle, véritable filtre qui préserve les nouveautés bénéfiques et élimine celles qui limitent la survie et la reproduction. Les mutations proposent, la sélection dispose. L'exploration de l'espace des possibles (formes, comportements ou physiologie), au gré des mutations aléatoires, joue donc un rôle moteur dans l'évolution des espèces, sans qu'un quelconque projet ne guide ce processus.

La plupart des innovations évolutives ne sont certainement pas intervenues initialement pour remplir les fonctions qu'on leur connaît aujourd'hui. Par exemple, les ailes des oiseaux ne sont pas apparues chez leurs ancêtres pour leur permettre de voler (ce qui sous-entendrait qu'il y avait un projet). Il n'y a pas derrière cette

innovation un ingénieur cherchant une solution à un problème concret. Au contraire, des mutations aléatoires ont modifié les membres antérieurs des ancêtres des oiseaux, leur permettant sans doute de planer. Ils ont été avantagés par cette nouvelle propriété et leur lignée s'est maintenue, conservant les mutations bénéfiques. La capacité de voler des oiseaux est le produit d'une longue évolution, non linéaire et sans finalité, qui a bénéficié de l'assemblage opportuniste de plusieurs innovations (plumage, squelette, etc.).

Les sociétés humaines survivent et prospèrent dans leur environnement en partie grâce à leurs capacités de développement technique qui reposent sur leur compréhension de cet environnement. Aussi les innovations humaines, techniques ou médicales découlent-elles de notre capacité à comprendre le monde dans lequel nous vivons. Et cette compréhension est le fruit de recherches, sans a priori ni but trop précis.

La démonstration n'est plus à faire : nombre de découvertes, et leurs applications, qui ont contribué au développement des sociétés humaines, sont survenues par

tâtonnement plutôt qu'en suivant un plan linéaire et prédéfini. Les rayons X ou le laser, parmi les exemples récents, n'ont pas été développés pour les applications qu'on leur connaît aujourd'hui, mais dans des contextes de recherche fondamentale. De même, la découverte des ARN interférentiels, qui représentent aujourd'hui l'une des pistes les plus prometteuses pour lutter contre les maladies génétiques, est le fruit de recherches fondamentales sur la couleur des pétunias et la formation des muscles chez un petit ver !

Comme pour l'évolution des espèces, la liberté des chercheurs d'explorer l'espace des possibles de la connaissance, sans a priori, est une garantie de découvertes innovantes. Aussi, quand l'agenda politique fixe des objectifs de recherche de façon trop contraignante, il oublie que les solutions aux attentes sociétales naissent souvent ailleurs que là où on pensait les trouver. Il importe donc de continuer à diversifier les directions de la recherche, en favorisant la liberté et la créativité, adossées à une démarche rigoureuse qui a fait ses preuves. ■

Myopie : une épidémie mondialisée

MÉDECINE | Les populations des jeunes urbains d'Asie ne sont pas seules à présenter plus fréquemment ce trouble de la vision. Les autres pays industrialisés sont touchés. Le manque de temps passé en plein air serait en cause



PASCALE SANTI

C'est le mal du siècle ! », lancent plusieurs ophtalmologistes. « La progression de la myopie chez les enfants et les adolescents est un phénomène que nous constatons intuitivement », explique le professeur Gilles Renard, directeur scientifique de la Société française d'ophtalmologie. « On constate une plus grande fréquence de la myopie dès l'enfance et l'adolescence », résume la professeure Béatrice Cochener, chef du service d'ophtalmologie du CHU de Brest et présidente de l'Académie française de l'ophtalmologie.

L'alerte sur ce que certains appellent une « épidémie » a été donnée dans une étude du professeur Ian Morgan, chercheur à l'université de Canberra en Australie, en mai, dans la revue *The Lancet*. L'étude montrait que près de 90 % des jeunes en fin de parcours scolaire dans les zones urbaines des pays développés d'Asie (Chine, Singapour, Taïwan, Hongkong, Japon, Corée) présentent cette amétropie (contre 25 à 40 % chez les générations précédentes), dont 10 à 20 % sont touchés par une forte myopie. Cette progression a commencé au milieu des années 1990.

S'il est connu que les Asiatiques sont génétiquement prédisposés à la myopie, cette forte progression gagne l'Europe et les Etats-Unis, dans des proportions moindres. Le taux de myo-

pie est d'environ une personne sur trois en Europe, soit 40 % des 12-54 ans, contre 20 % dans les années 1970. Aux Etats-Unis, la progression est identique, passant de 25 % au début des années 1970 à 41,6 % au début de l'an 2000, selon une étude parue dans *Archives of Ophthalmology*. En France, ce taux atteint environ 40 %, selon les chiffres du Syndicat national des ophtalmologistes de France (SNOF), dont 25 à 30 % des jeunes de 16 à 24 ans. Chez Lissac, les ventes de verres de lunettes pour myopes sont de plus en plus importantes. Même constat chez Essilor, leader mondial.

Comment expliquer ce phénomène ? Le poids de l'hérédité prédomine. Certes, il y a des familles de myopes. Mais les facteurs environnementaux sont de plus en plus évoqués : lieu de résidence, alimentation, etc. « En dehors de l'âge, les facteurs héréditaires et environnementaux sont avancés, sans qu'il soit possible de les départager ni de les quantifier », indique Marc Klein, directeur de l'enseigne Lissac.

L'étude de Ian Morgan a mis en évidence un autre facteur de risque : le manque de lumière naturelle. « La dopamine, un neurotransmetteur produit dans la rétine sous l'effet de la lumière, joue un rôle crucial dans la bonne transmission des images au cerveau et éviterait une croissance excessive de l'œil de la naissance jusqu'à 25 ans, un œil "trop long" étant l'œil de myope », détaille la professeure Cochener. Une étude du professeur Seang-Mei Qaw, de l'université de Singa-

Les Asiatiques sont génétiquement prédisposés à la myopie.

CARLOS BARRIA/REUTERS

Un œil trop long

La myopie est un défaut de la vision et, plus précisément, un trouble de l'accommodation (mécanisme de mise au point opérée par l'œil pour que la formation de l'image soit nette sur la rétine quelle que soit la distance entre le stimulus et l'œil). Elle se caractérise par une vision floue des objets éloignés tandis que la vision de près n'est pas affectée. La myopie est un trouble de la vision dû principalement à un œil « trop long » : la distance entre la cornée et la rétine est trop importante. Il existe trois niveaux de myopie : une « petite » ou faible myopie de 0 à -2 dioptries ; une myopie « moyenne » entre -2 et -6 dioptries ; et une « forte » myopie de -6 à -20 dioptries. La dioptrie est l'unité caractérisant la valeur du trouble visuel. Tous les bébés naissent hypermétropes. La myopie apparaît généralement au début des années collège, vers 10-11 ans.

pour, publiée fin 2011 dans *Ophthalmic & Physiological Optics*, a également montré que la prévalence de myopie atteignait 30 % chez les enfants chinois vivant en milieu urbain à 10 ans et 78,4 % à 15 ans. Dans les milieux ruraux, ce taux atteint 36 à 55 % selon les régions.

Les enfants qui pratiquent peu d'activités de plein air sont plus myopes (ou moins hypermétropes). « Il semblerait que ce soit bien le temps passé dehors, à la lumière naturelle, qui est un élément protecteur, et non la pratique de l'activité physique elle-même », ajoute Alexis Lavergne.

« Les grands foyers de myopie se situent parmi les civilisations qui ont développé l'écriture. Celles-ci sollicitent beaucoup leur vision de près. Et cette vision est de plus en plus sollicitée par les enfants et les jeunes avec les écrans », explique le professeur Gilles Renard.

Environ 1 million des plus de 16 ans n'ont jamais fait contrôler leur vue, alerte l'Asnav

En France, les jeunes de 18 à 24 ans passeraient en moyenne 2 heures et 27 minutes chaque jour devant un écran (ordinateur, téléphone mobile, tablette), selon le baromètre de l'Association nationale pour l'amélioration de la vue (Asnav) et OpinionWay. Un temps auquel s'ajoutent 106 minutes en moyenne devant la télévision.

Toutefois, « la théorie que le temps passé exagérément sur les écrans d'ordinateurs et consoles vidéo favoriserait le développement de la myopie ne trouve aucun support scientifique », faute d'études épidémiologiques, tempère le professeur Thanh Hoang-Xuan, chef du service d'ophtalmologie à l'Hôpital américain de Paris, dans la revue *Acuité* du 22 novembre. Fait préoccupant, selon l'Asnav, 15 % de ceux qui ont une correction visuelle ne portent pas leurs lunettes ou lentilles pendant qu'ils sont sur leur ordinateur, ce qui conduit à une fatigue visuelle. « Plusieurs études sont en cours, notamment en Chine, à Taïwan et aux Etats-Unis, pour identifier les facteurs de risque de la myopie », explique Marc Klein.

« Les myopies dites "accommodatives" sont également à mentionner », explique la professeure Cochener : typiquement, l'étudiant concentré sur sa feuille ne parvient plus à ajuster sa vue sur l'écran de l'amphithéâtre. « La vision de près rend myope. De nombreux étudiants en classes préparatoires deviennent myopes », ajoute le professeur Jean-Claude Hache.

Autre point, environ 1 million des plus de 16 ans n'ont jamais fait contrôler leur vue, alerte l'Asnav. De plus, résume une infirmière scolaire à Pantin, « nous voyons de plus en plus d'enfants dépistés mais qui ne sont pas soignés ». ■

Opus, un format audio meilleur que le MP3

Cette technologie de compression est efficace tant pour la voix et la visioconférence que pour l'échange de fichiers

DAVID LAROUSSE

Discrètement, une technologie de compression du son se répand, balayant ses concurrentes, dont la plus connue est le format MP3, vedette des échanges de fichiers musicaux sur le Web. Son nom est Opus. En septembre, ce « codec » (un programme d'encodage et de décodage de fichiers) a été reconnu comme futur standard d'Internet par l'Internet Engineering Task Force (IETF), le groupe de travail technique de la Toile. En octobre, le navigateur Firefox (version 16) reconnaissait les fichiers « .opus » et pouvait donc les lire sans recours à un logiciel supplémentaire.

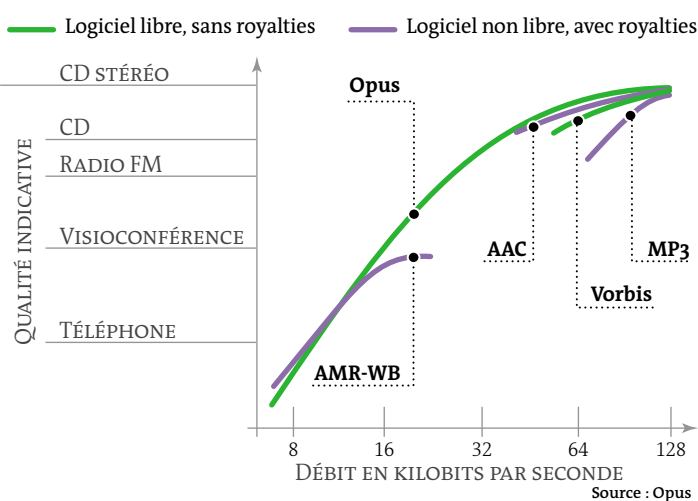
Différents tests de qualité ont montré la supériorité de ce nouveau codec audio pour une large gamme d'utilisations, depuis la téléphonie mobile ou par Internet jusqu'à l'écoute de fichiers sur un

ordinateur ou un baladeur, en passant par la visioconférence, la radio ou le streaming. Toutes ces applications diffèrent par leur capacité à traiter une certaine quantité d'informations. En général, un fichier musical nécessite quelque 128 000 bits par seconde, alors qu'une conversation au téléphone n'a besoin que de 16 000 bits par seconde. Tout l'art de la compression consiste donc à ne retenir que les bits essentiels.

« Opus est une sorte de couteau suisse du traitement du son, car il est efficace pour une large gamme de débits, et donc de fonctions », explique Jean-Marc Valin, l'un des trois développeurs du format avec Koen Vos et Timothy Terriberry. « La surprise a été de voir que le résultat était même meilleur que ceux de formats comme MP3, alors qu'au départ nous nous intéressions plutôt aux applications à bas débit », constate Jean-Marc Valin, employé de la fondation Mozilla, comme

Une technologie universelle

PRINCIPAUX FORMATS DE COMPRESSION DES FICHIERS AUDIO



Koen Vos, et membre d'une autre fondation à but non lucratif, Xiph.org, spécialisée dans les codecs multimédias pour Internet.

L'idée remonte à 2007 avec le développement de deux technologies différentes, Silk et Celt, imaginées pour compresser respective-

ment la voix et la musique. La première est utilisée dans le logiciel Skype de téléphonie par le Web. En 2009, les deux projets fusionnent pour donner Opus.

Comme pour tout format de compression, il s'agit d'éviter les redondances et les informations inutiles (silences, fréquences inaudibles...). Pour ce faire, Opus a amélioré, pour la musique, une technique de transformation d'une onde en ses fréquences. Quant à la voix, Opus se base sur un modèle de prédiction d'un son à partir des échantillons précédents, ce qui réduit la quantité d'informations utiles.

Ensemble, ces techniques diminuent aussi le temps de décodage, qui est d'environ 200 millisecondes pour un fichier MP3, contre 5 à 20 millisecondes dans le cas d'Opus. D'où l'intérêt pour les conversations par Internet. L'IETF a d'ailleurs inclus Opus comme codec audio recommandé dans le futur système Web-RTC, qui per-

mettra de faire de la visioconférence en utilisant son navigateur, sans logiciel supplémentaire.

Autre avantage d'Opus : c'est un format libre qu'il est possible d'utiliser, de copier et de modifier sans contrainte. Il est aussi gratuit, contrairement par exemple au MP3, dont l'utilisateur ignore souvent qu'il est soumis à des redevances payées par les fabricants de baladeurs ou de systèmes d'exploitation pour ordinateurs. « Pour Mozilla, qui soutient le développement d'Opus, cette caractéristique de logiciel libre est importante, afin que le Web reste une plate-forme universelle d'accès à des textes, des images, des sons ou des vidéos », précise Tristan Nitot, président de l'association Mozilla Europe.

Avec la même philosophie « libriste », c'est-à-dire attachée au logiciel libre, l'équipe d'Opus s'attaque maintenant à l'écriture d'un codec vidéo. ■

Payer et vendre sans les banques

ÉCONOMIE | Une technologie de pair à pair, Bitcoin, remplace les systèmes centralisés pour les échanges monétaires

DAVID LAROUSSE

Internet continue de faire vaciller les bases des secteurs les plus établis : la musique, le cinéma, le commerce, la presse. Et maintenant les banques ! Une technologie, Bitcoin, fêtera son quatrième anniversaire en janvier 2013 avec la promesse de créer un réseau de transactions financières décentralisé, anonyme et sans frais.

Tout le contraire des échanges monétaires actuels, basés sur des banques centrales, des transactions identifiées et des frais de traitement entre les parties prenantes. En outre, comme souvent dans ces technologies, une vision politique est palpable : la conviction que le système monétaire actuel, fait de monopoles bancaires, conduit aux crises financières.

En fait, Bitcoin, inventé par Satoshi Nakamoto (un pseudonyme), est à la fois une monnaie virtuelle (mais convertible en dollars, euros...) et un protocole d'échange sécurisé à la manière de BitTorrent, qui permet l'échange de fichiers de pair à pair.

Environ 200 000 transactions ont déjà été enregistrées grâce à 15 000 ordinateurs sur le réseau. Un petit millier de sites Web acceptent les bitcoins comme dons ou comme moyen de paiement. Le cours du bitcoin, après avoir atteint un sommet de 30 dollars (23 euros) en juin 2011, a chuté à 2 dollars, cinq mois plus tard, avant de revenir aujourd'hui autour d'une dizaine de dollars (les cours sont recensés sur le site bitcoincharts.com). Rien de très impressionnant, comparé aux échanges mondiaux en monnaie réelle ou en produits financiers.

Pourtant, la Banque centrale européenne (BCE) s'y est intéressée dans un rapport sur les monnaies virtuelles publié en octobre. Elle décrit bitcoin comme « la monnaie virtuelle ayant le plus de succès », « en compétition avec le dollar ou l'euro » et « similaire à des monnaies conventionnelles ». Bitcoin se distingue d'autres types de monnaie virtuelle comme les « crédits », utilisés pour progresser dans un jeu vidéo que l'on gagne en jouant ou que l'on peut acheter (et parfois échanger en retour).

Le réseau social Facebook a aussi développé ce genre de système. Mais, chaque fois, une autorité centrale contrôle et traite les échanges. Avec Bitcoin, tous les nœuds du réseau sont à la fois dépositaires du livre de comptes, vérificateurs, émetteurs de monnaie, et acheteurs et vendeurs.

Comment fonctionne ce réseau ? Chaque transaction entre deux utilisateurs se fait en réalité entre deux adresses électroniques à la manière d'un e-mail. Sauf qu'un utilisateur peut choisir une adresse différente pour chaque paiement, assurant ainsi l'anonymat. Un ensemble

de informations liées à cette transaction est signé électroniquement par un système de chiffrement à double clé. Le réseau peut ainsi vérifier l'authenticité de la transaction. Grâce au contenu du fichier, il est aussi possible de s'assurer que les bitcoins échangés existent bien dans le livre de comptes public, diffusé dans tout le réseau.

L'étape-clé consiste à écrire cette nouvelle transaction dans ce livre. Elle passe par la résolution d'un défi mathématique lancé aux ordinateurs, et dont le gagnant, sorte de banquier central provisoire, aura le privilège d'ajouter cette ligne supplémentaire. Il s'agit d'une phase de hachage de fichier, c'est-à-dire de transformation d'un gros fichier en une empreinte numérique plus courte et unique. Les ordinateurs « prennent » la nouvelle transaction et lui ajoutent un nombre avant de « hacher » l'ensemble.

Le but étant de trouver le nombre qui donne une empreinte particulière (beaucoup de zéros au début). Une fois ce nombre trouvé, les autres nœuds vérifient aisément que c'est le bon. La transaction se trouve alors indestructiblement liée à la chaîne de l'ensemble des autres transactions ; toute modification changerait l'empreinte.

Si, pour frauder, un utilisateur voulait payer deux fois avec le même argent très vite (moins de dix minutes), une seule des deux transactions serait validée par le réseau – l'autre restant orpheline car les deux ont des empreintes différentes. L'ordinateur ayant résolu le défi

remporte 50 bitcoins. Pour éviter l'inflation, cette récompense est divisée par deux régulièrement, probablement avant la fin 2012. Le nombre de bitcoins en circulation est donc limité à 21 millions, mais ils sont divisibles jusqu'au cent millionième, ce qui laisse de la marge... La difficulté du défi est aussi relevée à chaque augmentation de la puissance de calcul.

La vie du réseau a déjà eu des hauts et des bas. Des sites Web fournissant des services pour Bitcoin ont été attaqués et les bitcoins en dépôts volés. « La faille utilisée ne concerne pas le protocole lui-même », assure Pierre Noizat, qui vient de lancer Paymium, une entreprise de paiement en vraie monnaie utilisant le réseau Bitcoin. La BCE fait état aussi des possibilités de blanchiment d'argent grâce à ce service anonyme. Mais le cash possède également ce défaut. Des acteurs de poids comme Wikipedia refusent les dons de cette nature. D'autres, comme la plate-forme de blogs WordPress, les acceptent. Récem-

ment, Adi Shamir et Dorit Ron, de l'Institut Weizmann en Israël, ont analysé le livre de comptes et montré que près de 80 % des bitcoins ne circulent pas. « En novembre, des "soldes géants" ont été lancés. Trente mille dollars ont été échangés », se réjouit Jon Holmquist, qui travaille pour Coinabul, lequel convertit des bitcoins en or.

Pierre Noizat, également auteur d'un livre pédagogique sur cette monnaie (*Bitcoin, monnaie libre*, lulu.com, 160 p., 26,16 €), croit beaucoup au potentiel de cette technologie en tant que réseau de transactions. Son système, Paytunia, est équivalent à une carte de crédit (en vraie monnaie) ou à un paiement par mobile sans contact, mais il utilise Bitcoin pour valider les transactions, qui reviennent ainsi moins cher. Le porteur gère de plus son identité et peut donc être anonyme.

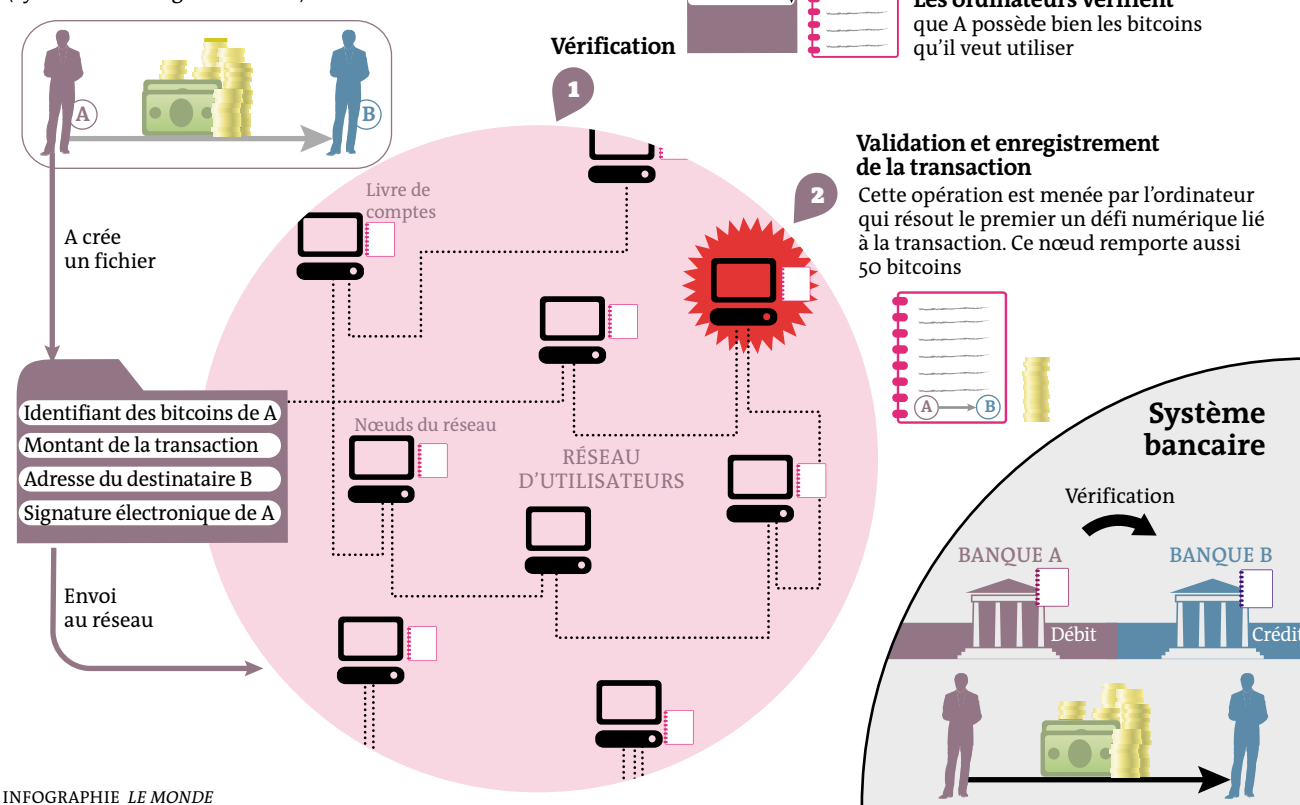
Le système est facile à mettre en œuvre chez les marchands, qui n'ont pas besoin d'installer de nouveaux terminaux ou logiciels. Il leur suffit de communiquer une adresse qu'un téléphone peut « photographier et reconnaître », précise Pierre Noizat, qui assure avoir des milliers d'utilisateurs. « Il y a un mouvement général de remise en cause des systèmes hiérarchiques pour des systèmes plus horizontaux. Il faudra du temps pour que Bitcoin s'impose, mais 2013 pourrait être un tournant », prédit-il.

La BCE, dans son rapport, prévoit d'ailleurs de réévaluer les risques divers, aujourd'hui considérés comme élevés, en cas de succès de cette monnaie. ■

La BCE prévoit de réévaluer les risques divers en cas de succès de cette monnaie

même », assure Pierre Noizat, qui vient de lancer Paymium, une entreprise de paiement en vraie monnaie utilisant le réseau Bitcoin. La BCE fait état aussi des possibilités de blanchiment d'argent grâce à ce service anonyme. Mais le cash possède également ce défaut. Des acteurs de poids comme Wikipedia refusent les dons de cette nature. D'autres, comme la plate-forme de blogs WordPress, les acceptent. Récem-

Système Bitcoin (système d'échange monétaire)



La céramique de Limoges peut sauver des soldats

Pour se diversifier, une manufacture de porcelaine développe gilets pare-balles et blindages

DOMINIQUE GALLOIS

Porcelaine de Limoges et blindage. L'association des deux expressions peut paraître incongrue. Pourtant, cette alliance entre délicatesse et robustesse était l'une des vedettes du premier Forum Innovation organisé à Paris par la Direction générale de l'armement (DGA), mardi 27 novembre.

Dans une vitrine, aux côtés d'un catalogue des porcelaines et bijoux Bernardaud et d'une assiette au motif peint représentant des feuilles d'automne, était exposé un plastron en céramique. Autour étaient également disposés de petits carrés et losanges de différentes tailles, dans la même matière. Une manière, pour cette manufacture familiale, de présenter sa diversification dans la défense, la première opérée en près de cent cinquante ans.

« C'est un clin d'œil, car ce n'est pas forcément là où l'on nous attendait », s'amuse Michel Bernardaud, président du direc-

toire. Le contraste est d'autant plus fort que dans la vitrine voisine, sous le slogan « Un matériau pour amplifier la vitesse des bolides fusées et missiles », le missileier MBDA expose un cône en matériaux composites inorganiques résistant aux hautes températures. Rien à voir avec les arts de la table.

Programme Brennus

L'idée remonte à 2004. Nicolas Sarkozy, alors ministre de l'économie et des finances, était venu à Limoges chez Bernardaud annoncer la mise en place des pôles de compétitivité. « Nous avons alors décidé de profiter des capacités de recherche locales pour chercher de nouvelles utilisations de la céramique. Nous avons identifié le blindage », raconte M. Bernardaud. Avec l'université de Limoges et l'Ecole nationale supérieure de céramique industrielle (Ensci), des travaux sont lancés et la DGA est contactée.

« Nous leur avons demandé d'aller plus loin dans leur recherche avant de les financer, ce qu'ils ont fait dans une thèse », raconte Pierre-François Louvigné, expert en matériaux à la DGA. Il s'agissait de prouver les capacités de résistance balistique de cette céramique. Le programme Brennus est lancé pour élaborer des céramiques composites. La DGA apporte 2,3 millions d'euros sur les 4 millions nécessaires au programme. Un engagement justifié par la volonté de développer une filière d'approvisionnement en France. Aujourd'hui, 99 % des achats sont faits à l'étranger, les grands producteurs étant américains, allemands ou italiens.

« Nous soutenons également un bassin d'emploi qui a un savoir-faire technique », insiste M. Louvigné. « La fabrication de cette céramique est compatible avec notre équipement industriel », renchérit M. Bernardaud, qui souligne que ce nouveau matériau est plus « léger et plus résistant » que ceux existant sur le marché.

Cette céramique beaucoup moins dense que l'alumine, dont la composition est maintenue secrète, servira au blindage des véhicules ou à celui des gilets pare-balles. Dans ce dernier cas, une plaque dure est insérée dans la protection du dos et du thorax. Sa solidité permet de casser le projectile. « Nous serons le seul [fabricant] français à produire de telles protections en France », affirme M. Bernardaud.

En effet, si Saint-Gobain est présent sur ce marché, ces produits sont fabriqués en Allemagne et aux États-Unis. La firme de Limoges espère décrocher rapidement sa première commande, qui ne viendra pas forcément de l'Hexagone.

Les recherches vont se poursuivre car le marché de la protection balistique, à haute valeur ajoutée, est appelé à se développer. L'objectif est aussi que cette filière puisse fournir, à un coût intéressant, des marchés qui ne le sont pas aujourd'hui, à commencer par la protection des bateaux ou des infrastructures préfabriquées. ■

TÉLÉSCOPE

Archéologie Un trésor gaulois mis au jour en Moselle



Un exceptionnel dépôt de 1165 monnaies gauloises, dont 1111 en argent, trois en or et 51 en bronze, a été découvert lors de fouilles effectuées en 2010 à Basing (Moselle), par une équipe de l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap), en amont de la construction de la ligne TGV est-européenne. Occupé pendant près de mille ans, de 200 avant notre ère à l'an 800, ce site recèle un établissement aristocratique gaulois, une villa gallo-romaine et plusieurs bâtiments médiévaux. Ce trésor avait été dispersé sur le site depuis le Moyen Âge par les labours successifs. Ces monnaies avaient été émises au cours du I^{er} siècle avant notre ère. Elles équivalent à un an et demi de la solde d'un légionnaire au début de l'Empire. Cette importante somme pourrait correspondre aux fonds d'un chef local allié à l'envahisseur romain, destinés à régler la solde de sa troupe.

(PHOTO : LOÏC DE CARGOÛET/INRAP)

85

C'est le nombre de médicaments dont l'association avec du pamplemousse peut s'avérer dangereuse voire mortelle, selon un article publié en ligne le 27 novembre dans le *Journal de l'Association médicale canadienne*. Anti-infectieux tels l'érythromycine ou la quinine ; médicaments à visée cardio-vasculaire (amiodarone, nifédipine...) ; anticancéreux, certaines statines (anticholestérol)... : les produits concernés sont très variés, selon les auteurs qui ont revu toute la littérature scientifique. Les interactions de ces molécules avec du pamplemousse peuvent conduire à des troubles du rythme cardiaque, des thromboses veineuses, des lésions musculaires, rénales... Elles s'expliquent par la présence dans ces agrumes de furanocoumarins, qui peuvent bloquer le fonctionnement d'une enzyme qui métabolise des médicaments. Un seul verre de pamplemousse peut suffire à entraîner un surdosage médicamenteux.

Santé publique Un test simple pour évaluer le risque d'obésité à la naissance

Grâce à quelques paramètres simples (indice de masse corporelle des parents, poids à la naissance, tabagisme et profession de la mère...), tout un chacun peut désormais estimer le risque d'obésité de son enfant dès sa naissance. Validé sur des milliers d'enfants, le calculateur mis au point par l'équipe du professeur Philippe Froguel (Imperial College London, CNRS, Institut Pasteur de Lille) est accessible en ligne (<http://files-good.ibl.fr/childhood-obesity>). Cet outil devrait permettre de concentrer la prévention sur les 25 % de familles les plus à risque, qui concentrent 80 % des futurs obèses.

► Froguel et al., « PLoS One », 28 novembre.

Biologie Des bactéries sous la glace

Une équipe américaine a découvert des bactéries vivant depuis environ 2 800 ans dans des conditions extrêmes : une eau à -13°, très salée, acide, sans oxygène ni lumière car protégée par seize mètres de glace. Cet habitat hostile est le lac Vida, situé en Antarctique. Une analyse génétique a révélé huit types de bactéries différents, dont certains jamais identifiés dans des milieux aussi salés. Les chercheurs font l'hypothèse que leur carburant serait l'hydrogène, produit par une attaque acide des roches du lac. De quoi relancer les spéculations sur les possibilités de vie dans certains astres gelés du système solaire, comme Europe ou Ganymède autour de Jupiter.

► Murray et al., « PNAS », 26 novembre.

SABAH RAHMANI

En 1962, un jeune toxicomane, Howard Lotsof, expérimente avec six compagnons une nouvelle substance hallucinogène dont lui a parlé un ami chimiste : l'ibogaïne. Contre toute attente, après trente-six heures d'expérience, le jeune Américain et ses amis, tous accros à l'héroïne ou à la cocaïne, se sont libérés de leur dépendance. Un sevrage définitif pour Howard Lotsof et d'au moins six mois pour les autres, période durant laquelle ils sont restés en contact.

Hasard ou grande découverte ? Depuis les années 1980 et jusqu'à sa mort en 2010, Howard Lotsof n'a pas cessé de tenter de convaincre scientifiques, laboratoires, politiques et société civile de soigner les toxicomanes avec de l'ibogaïne. Cette molécule de la famille des alcaloïdes est extraite de l'iboga (*Tabernanthe iboga*), un arbuste endémique de l'Afrique centrale équatoriale. L'écorce de sa racine concentre une douzaine d'alcaloïdes très actifs utilisés dans la médecine traditionnelle et les cérémonies initiatiques bwiti au Gabon.

« Lorsque j'ai entendu parler de l'ibogaïne, je suis devenu très curieux, et sceptique. Et plus j'ai fait des expériences, plus cela est devenu intéressant », confie Stanley Glick, professeur et directeur de recherche au Centre de neuropharmacologie et de neurosciences à l'Albany Medical College à New York. En expérimentant la molécule sur des rats dépen-

« C'est comme faire dix ans de psychanalyse en trois jours »

HOWARD LOTSOF
expérimentateur de l'ibogaïne

dants à la cocaïne et à la morphine, Stanley Glick a prouvé, en 1991, que l'ibogaïne réduit l'autoadministration de ces substances deux jours seulement après le traitement.

Depuis, les recherches, principalement américaines, menées sur des animaux et sur des cultures de cellules humaines ont précisé ses effets. L'ibogaïne est une tryptamine, proche de la psilocine et de la psilocybine (substances présentes dans les champignons hallucinogènes), psychostimulante et hallucinogène à forte dose. Cette molécule interagit avec des neurotransmetteurs, principalement la sérotonine et le glutamate, et bloque des récepteurs aux opiacés. C'est un antagoniste des récepteurs NMDA (activés par le glutamate) ce qui expliquerait ses propriétés anti-addictives.

« Elle est efficace dans le sevrage aux opiacés pratiquement la plupart du temps. Certains patients ont des effets persistants après. Mais il n'y a jamais eu une étude en double aveugle, ce qui est nécessaire pour définir les taux de réussite réels », explique Deborah Mash, professeure de neurologie et de pharmacologie moléculaire et cellulaire à l'université de médecine de Miami.

Les dernières études ont quant à elles mis en évidence de nouvelles propriétés importantes : l'iboga a des effets stimulants sur le métabolisme énergétique et, selon le professeur Dorit Ron en Israël, l'ibogaïne stimule la synthèse et la libération de neurotrophine, qui aide les voies nerveuses à se régénérer et le cerveau à se réorganiser.

Des témoignages confirment son efficacité : « Ma vie a complètement changé, douze heures après mon traitement à l'ibogaïne

j'étais sevré de dix-sept ans d'addiction. C'était incroyable, je ne peux pas l'expliquer », témoigne Roberto, 45 ans, un Italien qui vivait à New York et avait une consommation quotidienne d'héroïne, de cocaïne et de méthadone, clean depuis sept ans. « J'ai été sevré de trois ans de dépendance à la cocaïne en un week-end en 2004, depuis je n'ai jamais rechuté », souligne Eric, un Français de 37 ans. « Mon sevrage a été immédiat. Alors qu'il m'était inimaginable de ne pas prendre de doses car j'en étais à plusieurs grammes par jour », précise Nicolas, ancien dépendant à la cocaïne, sevré depuis trois ans.

Mais les échecs existent aussi : « Pour moi, ça n'a pas marché », confie Daniel, dépendant depuis plus de trente ans à l'héroïne, à la cocaïne et « à toutes sortes de drogues ». « Je prenais des doses industrielles et j'ai touché le fond avec la méthadone, cette drogue que les méde-

cins ont l'impression de te donner comme solution... », ironise Daniel, qui a repris de la méthadone deux semaines après son traitement.

Même si aujourd'hui les principales actions de l'ibogaïne ont été identifiées, son fonctionnement pharmacodynamique très complexe n'a pas été entièrement expliqué. Mais le grand tabou que l'iboga et l'ibogaïne soulèvent est en réalité celui de leurs propriétés hallucinogènes. « L'iboga n'entre pas dans les cases, elle n'a pas le profil des drogues psychotropes. Ce n'est pas une substance récréative, et ses actions sont différentes et plus compliquées que celles de la plupart des hallucinogènes », souligne Yann Guignon, consultant en médiation interculturelle et développement durable au Gabon. De plus, « l'ibogaïne s'est fait connaître d'une manière inhabituelle, elle n'a pas été découverte par un scientifique ; c'est pourquoi, dès le début, elle a été

Cérémonie bwiti dans le village de Mboka, au Gabon. Le tradipraticien invoque la force purificatrice du soleil pour chasser les mauvais esprits qui hantent les neuf malades présents ce jour-là.

ÉMILIE CHAIX

accueillie avec scepticisme par la communauté scientifique. Son histoire en Afrique lui a aussi donné une dimension mystique que les gens ne prennent pas au sérieux. Et parce qu'elle a des effets hallucinogènes, les gens pensent qu'elle ne sera jamais un médicament approuvé », résume Stanley Glick.

« L'iboga s'inscrit dans un tout, elle m'a ouvert la conscience, nettoyé l'esprit et le corps », ajoute Eric. Au-delà du sevrage physiologique, de nombreux témoins insistent en effet sur les visions qu'ils ont eues pendant le traitement. Charles Kaplan, ancien directeur de l'Institut de recherche sur les addictions, à Rotterdam, les relie à l'aspect psychiatrique : « Il y a un effet psychosocial. Ces effets sont très proches de ce que les psychanalystes appellent l'"abréaction". Ils apportent à la surface les souvenirs perdus et les expériences chargées d'émotions liées aux processus d'addiction qui peuvent être travaillés avec des thérapeutes. »

Deborah Mash explique que l'ibogaïne est « une molécule psychoactive, mais pas un hallucinogène comme le LSD. Elle met en état de rêve éveillé pendant trente-six heures et, durant cet état de conscience altérée, le patient revit des expériences de son enfance et découvre les racines de son addiction ». « C'est comme faire dix ans de psychanalyse en trois jours », déclarait souvent Howard Lotsof.

Ce processus subjectif, non mesurable scientifiquement, contribue en réalité à alimenter les craintes et les réserves sur les traitements à l'iboga ou à l'ibogaïne. Pour Atome Ribenga, tradipraticien gabonais, la notion d'« hallucinogène se réfère à des visions ou auditions de choses totalement irréelles, alors que ces visions sont révélatrices de réalités, fussent-elles symboliques, pour celui qui les vit dans l'initiation ».

Les patients sont invités à verbaliser ensuite leur expérience pour un accompagnement

Un sujet sensible en France

Rares sont les études menées sur l'iboga en France. En 2005, le service de veille technologique internationale du ministère des affaires étrangères et européennes de la France a publié une note intitulée « Les secrets de l'ibogaïne dévoilés ». Mais, à la suite du décès d'un toxicomane lors d'un séminaire d'« initiation à l'iboga » dispensé par une association en Ardèche, le ministère de la santé a décidé, en 2007, de classer l'iboga et l'ibogaïne comme stupéfiants.

En 2009, l'Observatoire français des drogues et des toxicoma-

nies (OFDT) alertait dans un rapport les autorités sur le danger que représente la prise d'iboga « dans les circuits clandestins, dans des environnements clos sans aucun contrôle d'autorités compétentes dans le domaine médical et sans le moindre avis officiel sur les dangers éventuels de sa consommation ».

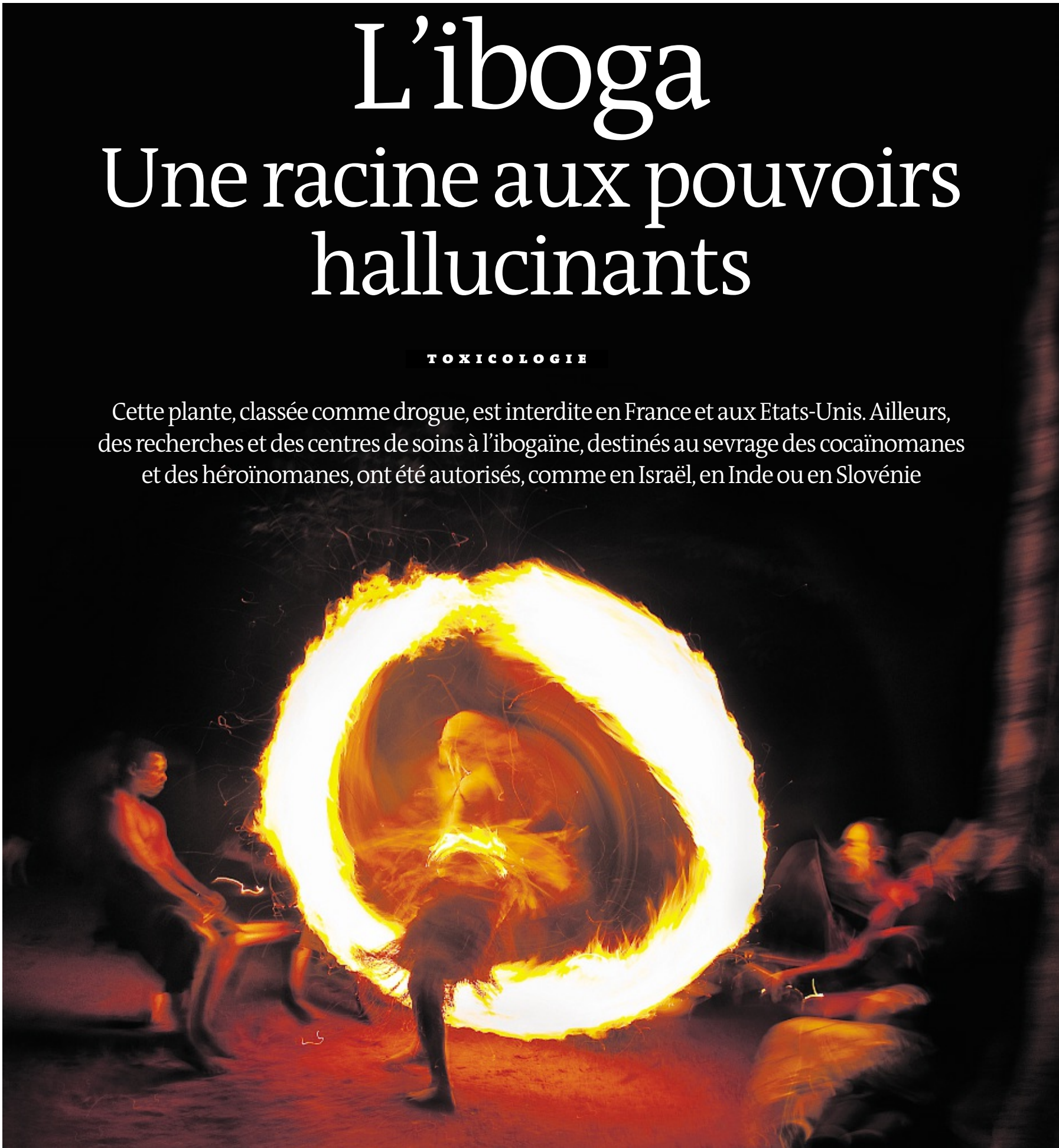
Auditionnée par les enquêteurs, Marion Laval-Jeantet, psychothérapeute, auteure d'une thèse en ethnopsychiatrie publiée sous le titre *Iboga : invisible et guérison* (éditions CQFD, 2006), soutient l'interdiction en France mais insiste sur « la nécessité de continuer

des protocoles de recherche avec des patients, en coordination avec des ethnobotanistes, des ethnopsychiatres et des centres de désintoxication ». Un avis partagé par Jacques Fleurentin, président de la Société française d'ethnopharmacologie, qui précise : « Dans les sociétés traditionnelles, les tradipraticiens maîtrisent la situation par l'observation et savent donner les doses dont les patients ont besoin. Mais transposé dans nos sociétés, l'usage de ces plantes devient très compliqué et, dans les pratiques néochamaniques, il n'est pas bien contrôlé. »

Selon Marc Valleure, psychiatre spécialisé dans les toxicomanies et directeur de l'hôpital Marmottan, à Paris, « l'avenir immédiat sera peut-être une ré-interrogation sur la place des spiritualités dans les traitements des addictions. L'un des problèmes de notre monde est d'avoir séparé le corps et l'âme depuis Descartes et, à travers la science, de ne valider que les techniques qui sont objectives, mesurables et quantifiables, en faisant l'impasse sur la subjectivité et le rapport au monde ».

Un tabou qui se lève peu en France dans la communauté scientifique. ■

S.R.A.



thérapeutique. « Après six mois de bien-être, j'ai fait une dépression car, en réalité, l'iboga te soigne et te donne la chance de te dire : "OK, tu peux te remettre dans la vie si tu le veux" », confie Roberto. Selon la littérature scientifique et sociologique sur l'iboga, les rechutes surviennent souvent six mois après le traitement, à la suite d'un manque de suivi thérapeutique ou en raison d'un environnement social défavorable – la fréquentation du milieu de l'addiction suscitant de nouvelles tentations.

Classées comme drogues aux Etats-Unis depuis 1967, l'iboga et l'ibogaïne ont toute fois été autorisées par l'Institut national sur l'abus des drogues (NIDA) pour être prescrites dans le cadre d'un protocole de traitement sur l'homme au début des années 1990. Après une rencontre avec Howard Lotsof et des observations empiriques menées à cette époque à l'Institut de recherche sur les addictions aux Pays-Bas et dans une clinique au Panama, Deborah Mash, sceptique puis impressionnée, fut autorisée à mener les premiers essais cliniques aux Etats-Unis pour la phase I. Mais en 1995, à la suite d'une présentation auprès de représentants de laboratoires pharmaceutiques, le NIDA a décidé de stopper ses financements.

« L'avis de l'industrie pharmaceutique a été dans l'ensemble critique et a eu une influence importante dans la décision de ne plus financer les essais. Le NIDA a donc arrêté son projet sur l'ibogaïne, mais continue à soutenir des recherches précliniques sur des alcaloïdes de l'iboga », explique Kenneth Alper, professeur de psychiatrie et de neurologie à l'université de médecine de New York. Comment expliquer une telle résistance ? « La plupart des compagnies pharmaceutiques ne veulent rien avoir à faire avec l'ibogaïne, ni avec les traitements contre la dépendance en général. La plupart des entreprises croient, à tort, qu'elles ne peuvent pas gagner beaucoup d'argent dans le traitement de la toxicomanie. De plus, elles pensent que cela pourrait entraîner une mauvaise image pour elles parce que les gens

Traiter une maladie en un ou deux soins est bien moins rentable qu'un traitement à vie

stigmatisent la dépendance et pensent qu'elle ne mérite pas d'être traitée comme les autres maladies », soutient Stanley Glick.

Traiter une maladie en un ou deux soins est beaucoup moins rentable qu'un traitement à vie. C'est avec des fonds privés que Deborah Mash a pu poursuivre ses recherches, entre son laboratoire à Miami et une clinique de désintoxication sur les îles Saint-Christophe dans les Caraïbes.

Aujourd'hui, la communauté internationale diverge sur le statut des recherches à propos de l'iboga et l'ibogaïne. Si dans la plupart des pays aucune législation n'existe, les Etats-Unis, la Belgique, la Pologne, le Danemark, la Suisse et, depuis 2007, la France ont classé ces deux substances comme drogues. L'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afsaps) notait en outre que l'iboga tendait « à se développer dans le cadre d'activités sectaires au travers de séminaires de "révolution de soi" et de "voyage intérieur" ». Elle notait que la plante faisait l'objet d'une « promotion active » sur Internet.

Intéressés par les observations scientifiques et empiriques, d'autres gouvernements ont lancé des programmes de recherche ou autorisé des centres de soins à l'ibogaïne. En Israël et en Inde, des essais cliniques sont menés avec l'accord des ministères de la santé ; au Brésil, au Mexique, au Panama et dans les Caraïbes, des centres de soins officiels ont été mis en place ; en Slovaquie, un centre de recherche pluridisciplinaire mène des travaux depuis 2005 et, depuis 2009, la Nouvelle-Zélande autorise la prescription médicale de l'ibogaïne.

Au Gabon, après être longtemps resté dans le secret des initiés, l'iboga a été décrétée « patrimoine national et réserve stratégique » en 2000. Pour Bernadette Rebiénot, présidente de l'Union des tradipraticiens de la santé au Gabon, « le traitement à l'ibogaïne enlève la partie initiatique de l'iboga, on n'est donc pas vraiment à la source. En Occident les chercheurs pensent connaître l'iboga, mais ils ne font rigoler... Nous, nous la connaissons depuis la nuit des temps. Il faut une collaboration entre nous, c'est complémentaire et c'est pour le bien de l'humanité », prévient la nganga (« tradipraticienne »), qui plaide auprès de l'Organisation mondia-



La feuille et l'écorce de l'iboga. La racine de l'iboga, un arbuste endémique d'Afrique centrale équatoriale, concentre une douzaine d'alcaloïdes très actifs.

ÉMILIE CHAIX



Une personne dépendante aux drogues dures reçoit une dose d'iboga lors d'une cérémonie bwiti au Gabon.

ÉMILIE CHAIX

le de la santé (OMS) pour la reconnaissance de la pharmacopée traditionnelle.

En Slovaquie, « l'Institut pour la médecine anthropologique [OMI] aspire à rétablir la qualité et la réputation de la guérison traditionnelle et des remèdes naturels par la voie de l'évaluation scientifique de ces méthodes, de leur efficacité et de leur sécurité », explique Roman Paskulin, addictologue et directeur de l'OMI. Nous offrons nos conseils sur la réduction des risques des traitements à l'ibogaïne, mais n'assurons pas de soins pour l'instant. » L'objectif est de développer une approche globale de la santé dans sa dimension physique, mentale et sociale, en regroupant des universités de médecine, de sciences humaines et de biotechnologie, avec le soutien du ministère de la santé et de l'Office des drogues.

Quel est alors le taux de réussite de ce traitement atypique ? Aujourd'hui, aucun chercheur ne s'avance sur la question des chiffres, si ce n'est pour dire que ce traitement semble l'un des meilleurs contre les addictions aux opiacées. Seules des estimations officieuses circulent. Pourquoi ? D'abord parce que aucune étude scientifique n'a été menée à long terme, ensuite parce que la grande majorité des traitements s'effectue dans un cadre informel. L'efficacité thérapeutique de l'iboga ou de l'ibogaïne relève avant tout d'observations empiriques et de témoignages que la science n'a pas encore réussi à évaluer, faute de moyens et de volonté économique-politique.

Depuis les années 1960, aux Etats-Unis, puis en Europe et dans le monde, des réseaux de soins alternatifs se sont développés illégalement parce que l'ibogaïne n'était pas reconnue : patients traités par initiation au Gabon, par des réseaux informels en Occident, dans un centre de cure en Amérique latine...

Ces soins se sont constitués autour des iboga providers (« fournisseurs d'iboga »), des thérapeutes informels qui, pour la plupart, n'ont

pas de formation médicale. Aucune donnée n'existe sur ces derniers, et rares sont ceux qui témoignent. A New York, l'un d'eux, Dimitri, assume sa fonction et milite pour la reconnaissance des soins à l'iboga. Ancien junkie accro à l'héroïne et à la cocaïne pendant près de vingt ans, sevré grâce à l'iboga, Dimitri s'est formé à plusieurs reprises au Gabon auprès de tradipraticiens. Dans l'anonymat de simples chambres d'hôtel, il reconstitue des cérémonies bwiti avec rites, musiques et prières pour donner une dimension spirituelle. « Beaucoup de fournisseurs d'ibogaïne sont foutus, car tu ne peux pas prendre ces choses et penser que tout ira bien. Le bwiti exige un engagement, un travail et, si possible, une vie saine », soutient-il. Or, dans ce type de soins informel, le danger réside dans l'incompétence de certains thérapeutes et le manque de suivi médical.

Le traitement n'est donc pas sans risques : depuis le début des années 1990 on a relevé plusieurs morts accidentelles. Selon Deborah Mash, « tous les décès sont survenus dans des milieux à risque ». L'issue fatale advient souvent chez des patients présentant une

Peu de traitements existants

Avec 160 millions de personnes dépendantes aux opiacés dans le monde, selon l'United Nation Office on Drugs and Crimes (UNODC), l'ampleur du problème est un véritable défi médical. Aujourd'hui, les soins antiaddictifs se concentrent essentiellement sur des traitements de substitution, comme la méthadone et le buprénorphine (Subutex) pour l'héroïne. Pour la cocaïne, il n'existe pas de médicament, même si un traitement contre les symptômes de manque peut être administré. Ces dernières années, l'explosion de la demande d'iboga est telle que la plante est en voie de disparition au Gabon et soumise à un trafic international. « Certaines personnes n'ont pas intérêt à ce que les recherches sur l'iboga aient un cadre légal. Il faut être d'autant plus vigilant qu'il existe au Gabon des arbustes qui ressemblent beaucoup à l'iboga mais qui sont très toxiques », prévient le docteur Laurence Gassita.

Le « bois sacré » du Gabon

Appelé « bois sacré », l'iboga (*Tabernanthe iboga*) est la plante maîtresse des cérémonies initiatiques bwiti au Gabon. Arbuste endémique à l'Afrique centrale équatoriale, il est consommé sous forme de poudre d'écorce tirée de sa racine, riche en alcaloïdes (dont l'ibogaïne). Depuis des millénaires, les Pygmées l'utilisent comme stimulant, plante médicinale ou catalyseur initiatique.

D'après les ethnologues, les formes actuelles des cérémonies bwiti trouvent quant à elles leurs origines au XIX^e siècle auprès des peuples mitsogo et gapinzi.

Nés en forêt, ces rituels nocturnes se sont diffusés tout au long du XX^e siècle auprès des ethnies du pays, principalement chez les Fang. Longtemps gardé secret, le bwiti se révèle depuis une vingtaine d'années au grand jour à tous les Gabonais et aux étrangers.

S'intégrer au cosmos

Soigner les corps, libérer les esprits, incarner les âmes, honorer les ancêtres et s'intégrer au cosmos, telle est la vocation du bwiti pour prendre soin des malades ou initier les profanes au monde invisible. Une voie thérapeutique qui tente de rétablir l'équilibre physique, psychique, social et spirituel du patient car, dans la pensée animiste, tout est lié. « Je ne sais pas si on peut l'appeler religion, s'interroge le sociologue Jean-Marie Bouyou, mais le bwiti accepte tout le monde, il reconnaît en chacun cette capacité à entrer en lien avec soi-même et avec le divin. »

Si hommes, femmes et enfants en consomment à petites doses pour rester éveillés lors des cérémonies nocturnes, l'iboga n'est prise à dose très élevée qu'une ou deux fois dans une vie.

Seuls les nganga (tradipraticiens) sont habilités à conduire les cérémonies et à donner avec précision l'iboga à l'occasion des initiations ou des soins thérapeutiques. ■

S.R.A.

maladie cardiaque ou à la suite d'une prise de drogue en même temps que l'iboga, et ce à l'insu de thérapeutes parfois négligents. « Dans les cas rapportés, il était difficile, voire impossible, d'attribuer la cause de la mort à l'ibogaïne, et cela a été un autre obstacle à de nouvelles recherches », explique Stanley Glick. Si les autopsies n'ont en effet jamais prouvé le rôle fatal de l'iboga, pour le professeur Jean-Noël Gassita, pharmacologue gabonais qui étudie cette substance depuis cinquante ans, le traitement est contre-indiqué pour les cardiaques car la prise de la plante accélère le rythme du cœur.

La question de la toxicité de l'iboga a aussi fait l'objet d'études scientifiques ; une seule a relevé une toxicité dangereuse, mais à des doses si élevées que l'on ne pourrait pas en prescrire au patient. « L'iboga a été accusée d'être une substance dangereuse alors qu'elle tue moins que l'aspirine », remarque Laurence Gassita, pharmacienne, enseignante à la faculté de médecine de Libreville au Gabon.

« C'est une plante miraculeuse, inédite, même si c'est une plante de la polémique », soutient Jean-Noël Gassita. Trop polémique pour Stanley Glick, qui préfère désormais travailler sur la molécule de synthèse 18-méthoxycoronaridine (18-MC), très proche de l'ibogaïne et sans effets hallucinogènes. « Je crois que l'ibogaïne restera illégale aux Etats-Unis, mais je suis optimiste pour que le 18-MC soit un jour un médicament approuvé », confie le chercheur, toujours en attente d'essais cliniques.

Deborah Mash a suivi la même démarche en développant une autre variante de l'ibogaïne, la noribogaïne. Au Gabon, Bernadette Rebiénot préfère commenter ces recherches lointaines à l'aide d'un proverbe africain : « On peut être le meilleur chanteur, mais on ne peut pas dépasser le compositeur. Alors attention aux fausses notes... » ■

La bipédie, un pari de l'évolution

LE LIVRE

La paléontologue Christine Tardieu décrypte l'acquisition par l'homme de la marche sur deux pieds

HERVÉ MORIN

N'est-il pas toujours miraculeux de voir un bambin lâcher pour la première fois les mains protectrices de ses parents pour se projeter sur ses deux jambes potelées, la démarche encore chaloupée, l'équilibre précaire, mais déjà en marche vers l'autonomie ? Ce miracle-là se répète depuis des centaines de milliers d'années, mais il ne va pas de soi, comme le rappelle le dernier livre de la paléontologue Christine Tardieu, *Comment nous sommes devenus bipèdes*.

Le passage à la marche bipède est à la fois une révolution lente pour les hominidés et une étape cruciale pour chaque individu humain. C'est à ces deux phases que s'attache Christine Tardieu, dont toute la démarche scientifique a été tendue vers cette question obsédante de la bipédie.

A commencer par Lucy, dont, en disciple d'Yves Coppens, elle a étudié le squelette « postcrânien », à une époque où tout ce qui n'était ni dent ni crâne était considéré comme moins noble. La chercheuse a contribué à prouver la bipédie de la célèbre australopitèque, encore matinée de déplacements dans les arbres (arboricolie).

Mais le livre s'ouvre sur une histoire bien plus récente, que l'on pourrait croire tirée du *Livre de la jungle*. Celle de deux sœurs, Amala et Kamala, fillettes-louves recueillies en Inde en 1920 dans l'orphelinat de Midnapore, tenu par le révérend Singh. Toutes deux ont été retrouvées dans le terrier d'une louve, marchant à quatre pattes.

Nature, culture et gravité

Le récit par leur protecteur de la fin précoce d'Amala et des lents progrès de l'aînée Kamala, qui mourra en 1929 à un âge estimé à 17 ans, est édifiant. Il montre que, faute d'apprentissage précoce de la marche bipède, l'acquisition en est très ardue. Mais est-il véridique ? Ménageons la suspense. Christine Tardieu souligne en tout cas le parallèle avec les « enfants-placards » étudiés par Boris Cyrulnik ; privés de soutien affectif, ceux-ci ne peuvent eux non plus se redresser spontanément : ils « *n'osent pas* » la bipédie.

Culturelle ou sociale, résultat d'un apprentissage, la bipédie est bien sûr conditionnée par la génétique, explique Christine Tardieu, qui détaille sur les fossiles d'hominidés les transformations des membres inférieurs, du bassin, mais aussi la façon dont le crâne se trouve ou non en équilibre au sommet de la colonne vertébrale : cette évolution du squelette est le signe d'une sélection progressive de caractères qui font désormais partie de notre génome.

À l'inverse, nos cousins primates en sont dépourvus, d'où leur démarche singulière et peu efficace. Mais les gènes seuls ne nous façonnent pas tels que nous sommes : la gravité modèle aussi nos os et cartilages, tendons et muscles lors de l'apprentissage de la marche, rappelle la chercheuse.

Christine Tardieu ne cache cependant pas avoir été parfois désarçonnée par des décalages inattendus entre ce que prédisait la théorie et ce qu'elle pouvait observer sur les squelettes. Pour les résoudre, elle fait appel à Conrad Waddington et à son concept d'« *assimilation génétique des caractères acquis* ». L'avenir dira si l'ère postgénomique fera droit à ce concept, à l'heure où l'on découvre l'importance de l'épigénétique, c'est-à-dire l'influence de l'environnement au sens large sur l'expression des gènes.

Nature, culture et gravité : la marche sur deux pieds mêle donc ces ingrédients, dans un de ces bricolages dont l'évolution a le secret. Le voyage en bipédie proposé par Christine Tardieu nous fait aussi croiser des familles turques où l'on marche à quatre pattes, des singes en collant Repetto, des réseaux sanguins fascinants. S'il n'est pas achevé, c'est en raison notamment de scrupules éthiques qui honorent l'auteur. ■

Comment nous sommes devenus bipèdes. Le mythe des enfants-loups (Odile Jacob, 226 p., 23,90 €).

Agenda

Exposition «Tara» à Paris

La goélette d'exploration *Tara* est à Paris, au pied du pont Alexandre-III, jusqu'au 27 janvier 2013. Une exposition, organisée dans des conteneurs, permet de découvrir le tour du monde qu'elle vient de réaliser pour mieux cerner la biodiversité génétique des océans. Le ticket d'entrée permet aussi de visiter le bateau, au départ 2013. Une exposition, organisée dans des conteneurs, permet de découvrir le tour du monde qu'elle vient de réaliser pour mieux cerner la biodiversité génétique des océans. Le ticket d'entrée permet aussi de visiter le bateau, au départ 2013.

► Jusqu'au 27 janvier 2013, port des Champs-Élysées, Paris 8^e.
► <http://taraparis2012.blogspot.fr>

Conférence «Le vin et la condition humaine»

Dans le cadre de deux journées sur le thème « Louis Pasteur dans sa vigne », organisées à Arbois (Jura) par l'Académie des sciences, le géographe Jean-Robert Pitte animera une conférence sur « le vin et la condition humaine ».

► Le 14 décembre à 18 h 30.
► Programme complet sur le site de l'Académie des sciences : www.academie-sciences.fr

Livraison

Roman «Micro»

Une mystérieuse entreprise, Nanigen MicroTechnologies, qui fait de la bioprospection dans les environs d'Honolulu avec des microrobots ; une brochette de jeunes chercheurs américains brillants (arachnologiste, entomologiste, ethnobotaniste, spécialiste des venins...), attirés comme des aimants par les outils technologiques ultramodernes de ladite société et les belles paroles de son sulfureux PDG ; et le talent conjugué de deux grands spécialistes du thriller scientifique, Michael Crichton et Richard Preston. *Micro*, qui vient d'être traduit de l'américain, a tous les ingrédients pour faire plonger les fans de ces deux maîtres américains dans un univers cauchemardesque à la *Jurassic Park*. Commencé par Michael Crichton, et terminé après la mort de celui-ci en 2008 par Richard Preston, qui souhaitait lui rendre hommage, ce roman s'appuie, comme souvent chez ces deux écrivains, sur de solides références scientifiques.

► Michael Crichton et Richard Preston (Robert Laffont, 476 p., 22 €).

INVENTIONS INSOLITES

Dispositif injecteur pour pirate d'avion

Brevet américain n° 3841328 (M. Jack Jensen), délivré le 15 octobre 1974

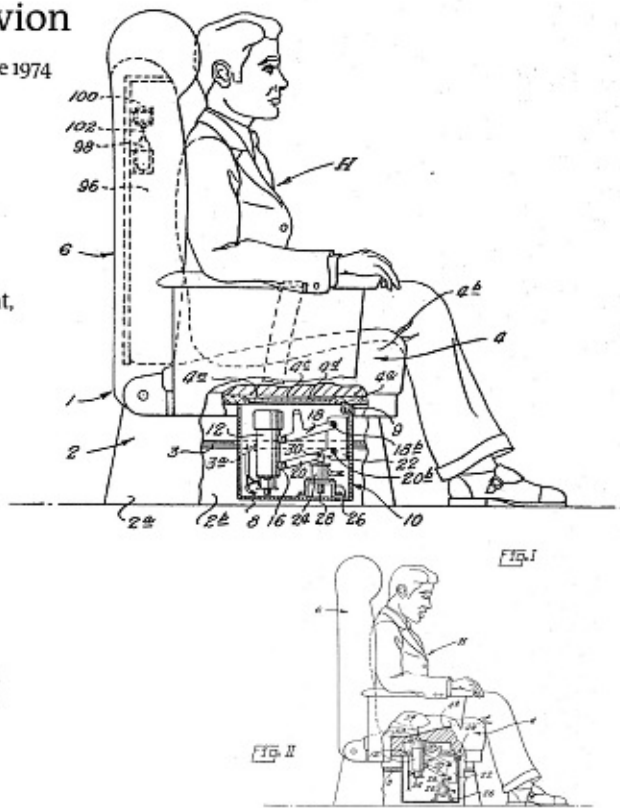
Un tel système est conçu pour neutraliser le passager d'un avion dont l'équipage a été informé qu'il s'apprête à commettre un détournement.

Chacun des sièges passager 1 est équipé d'un dispositif d'injection à seringue hypodermique 12 positionné à l'intérieur de l'assise 4. La seringue est disposée verticalement, aiguille 54 tournée vers le haut ; elle est remplie d'un sédatif puissant, voire d'un poison mortel, à action instantanée.

Un système électrique de commande à distance permet au commandant de bord de déclencher le dispositif du siège concerné, ce qui provoque le déplacement de l'aiguille 54 de bas en haut à travers la garniture de l'assise, et sa pénétration dans la fesse ou la cuisse de l'individu H occupant ce siège.

L'injection du produit assure ainsi la neutralisation du passager H. De plus, le dossier 6 est avantageusement équipé d'un sac gonflable (airbag) 96 relié à un réservoir de gaz sous pression 98, qui peut être actionné simultanément – en même temps que l'injecteur – afin de repousser brusquement vers l'avant le haut du corps de cet individu dangereux, de façon à l'immobiliser fermement contre l'assise.

Brevet extrait d'*Inventions insolites*, de Daniel Le Faou (Chiflet & Cie, 2012)



Par la barbe du chercheur chaste



IMPROBABIOLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur
(Passeurdesciences.blog.lemonde.fr)
(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Robinson Crusoe aurait dû profiter de sa situation pour faire de la science en se prenant pour objet d'étude. C'est la conclusion à laquelle on arrive après avoir lu un célèbre article de science improbable, publié dans *Nature*, en 1970. De son auteur on ne sait rien, si ce n'est qu'il s'agit d'un homme, chercheur de son métier, qui, au cours des deux années précédentes, a « *dû passer des périodes de plusieurs semaines dans l'isolement, sur une île éloignée* ». On ignore quelles recherches il y

menait. Nommé Anon par *Nature* – pour « anonyme » et non pas en référence au petit de l'âne en français –, ce garçon a remarqué que, dans sa solitude, sa barbe poussait moins vite (ce qu'on peut s'enrayer sur une île déserte...).

Intrigué par ce constat préliminaire et voulant s'assurer que l'isolement ne lui avait pas tapé sur le carafon, Anon a mis au point un protocole pour vérifier son impression. Tous les jours, avant, pendant et après un nouveau séjour sur son île, il a soigneusement vidé la tête de son rasoir électrique et pesé son contenu au milligramme près. Sur la même période, il a aussi noté, sur une échelle de 0 à 5, l'intensité de ce qui faisait son quotidien : activités physiques, intellectuelles, qualité des repas, nervosité, sommeil, et... rapports sexuels. L'ajout de ce dernier détail semble être la cause de son anonymat. Au terme de son expérience, le chercheur a dessiné la courbe de sa récolte pileuse et y a ajouté, à certaines dates, un pudique et cocasse « ♀ ». Ce signe de la femme, cette marque de Vénus, indique les jours où Anon est passé à l'acte sexuel, en général juste avant de partir pour son exil volontaire et juste après son retour. On a beau être chercheur, on n'en est pas moins homme.

En mettant toutes les données en relation, Anon s'est aperçu qu'une seule chose pouvait expliquer pourquoi sa barbe poussait moins vite lorsqu'il jouait les Robinson : l'absence de femme et la chasteté. La pousse de la barbe explosait

quand il rentrait sur le continent et reprenait les rapports sexuels, mais aussi la veille, comme si la prévision d'un prochain crac-boum-hue jouait sur ses follicules pileux. A moins, comme le signale Anon, qu'il ne faille y voir la simple action de la présence féminine après une période d'abstinence : « *Mademoiselle l'hôtesse de l'air, ne me regardez pas ainsi, cela met mes poils en érection.* »

Pour ce chercheur, pas de doute : c'est l'acte sexuel (ou son anticipation) qui, en provoquant une montée de testostérone, accélère sensiblement la poussée de la barbe, laquelle est commandée par les hormones sexuelles. Anon a ensuite confirmé son hypothèse en prenant, en aveugle, des comprimés de différentes hormones et des placebos, tout en continuant à peser ses résidus de rasage tous les jours.

Cette précaution n'a pas empêché plusieurs chercheurs de trouver que cette étude était tirée, si ce n'est par les cheveux, au moins par la barbe. Plusieurs réponses de coupeurs de poils en quatre sont donc parvenues à *Nature*. L'un demandait à Anon des précisions sur son protocole, et notamment s'il s'était bien rasé tous les jours à la même heure. L'autre se posait des questions sur les muscles horripilateurs. Un troisième, enfin, se disait que le phénomène pouvait surtout être dû à une erreur expérimentale : et si Anon s'était inconsciemment rasé de plus près les jours où il allait être en contact avec la gent féminine ? ■

La connaissance, « nouveau produit innovant » ?



LES COULISSES DE LA PAILLASSE

Marco Zito

Physicien des particules,
Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives
(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Je reçois cette semaine une pétition pour soutenir le budget de l'Union européenne (UE) pour la recherche (www.no-cuts-on-research.eu). Cela me rappelle le temps où je participais à une expérience aux États-Unis : là-bas, à chaque vote du budget par le Congrès, des chercheurs s'activaient pour faire du lobbying auprès des députés. Hélas, je ne suis pas sûr que cette activité ait eu un poids dans les grands choix de ce pays. Des deux grands laboratoires de physique des parti-

cules, l'un a cessé de se consacrer à la recherche fondamentale et l'autre se trouve confronté à des choix difficiles.

Je lis donc avec attention la pétition, qui a récolté plus de 147 000 signatures, accompagnée d'une lettre ouverte de Prix Nobel. La recherche pourrait être l'un des grands perdants dans le bras de fer engagé autour du budget de l'UE. Ce poste pourrait être réduit de 12 % à 95 milliards d'euros.

Je partage certains arguments avancés par ces chercheurs. Notre continent aurait tout à gagner en « *faisant une utilisation optimale de ses talents scientifiques au service de la science et de la société* ». Il faut fournir un « *soutien financier sûr pour la recherche fondamentale à long terme* ». Les coupures dans le budget de la recherche n'aident pas à résoudre les problèmes de l'Europe et sont en contradiction criante avec le but affiché de « *faire de l'Europe l'économie de la connaissance la plus dynamique de 2020* ». Néanmoins, certains arguments productivistes me laissent de marbre. « *Transformer la connaissance en services, en savoir-faire industriels et en nouveaux produits innovants est la seule voie possible pour une Europe compétitive (...) et pour garantir sa prospérité à l'avenir.* » C'est un peu comme si la science à elle seule pouvait sauver l'Europe.

Cela ne serait pas très grave si l'UE n'était pas l'un des éléments moteurs d'une politique d'austérité forcée qui fait des ravages profonds dans la moitié sud de l'Europe. Cette politique a frappé la recherche en

Grèce et en Espagne. Dans ce dernier pays, le budget de la recherche est en baisse pour la quatrième année successive, avec une coupe de 25 % en 2012 et de 7 % en 2013. On redoute une fuite des meilleurs chercheurs et des dommages durables. C'est donc un peu comme si on demandait au loup de l'UE d'être plus gentil...

De plus, l'European Research Council, dont on vante les mérites, est un des instruments de la « dérégulation » de la recherche, attribuant des fonds substantiels à des chercheurs individuels plus qu'à des équipes, sur le court terme, tout en sapant les organismes nationaux comme le CNRS et le CEA. Dans ces conditions, il est peu probable qu'à terme on puisse maintenir une recherche fondamentale. La compétitivité accrue fait déjà des ravages dans les laboratoires. Certains chercheurs n'hésiteraient pas à mettre sur leur CV le montant des fonds qu'ils ont engrangés. On dérive ainsi vers une mesure monétaire, mais non scientifique, des mérites de chacun.

Toutes les inventions de la science ne sont rien si elles ne profitent pas à toute la société : un quart de la population renonce aux soins faute de moyens. La destruction programmée des services publics, notamment de la santé, risque de réduire à néant les effets du progrès scientifique. Européen convaincu, je crois que la politique actuelle de l'UE nous mène à l'abîme. Malheureusement, cette pétition et cette conception d'une science isolée de la société ne me semblent pas à la hauteur de la situation. ■

CATHERINE MARY

Ce jour-là, à la galerie H +, à Lyon, Paul dessine le portrait d'une jeune femme posant, l'air amusé, face à l'œil de la caméra. Tout en discutant avec les visiteurs, Patrick Tresset surveille, inquiet, la progression du dessin. « *Ce soir, je ne suis pas content des dessins de Paul* », déclarera-t-il à la fin du vernissage de l'exposition. Il est vrai que Paul, né en juin 2011, n'est pas un artiste comme les autres. Constitué d'un bras articulé couplé à une caméra numérique motorisée, ce robot a été créé par Patrick Tresset, dans le cadre de son doctorat, au département informatique du Goldsmiths College de l'université de Londres. Et lui non plus n'est pas un scientifique comme les autres. Il est aussi artiste, et c'est en intégrant

« Patrick fait de la science avec l'art et de l'art avec la science »

FRÉDÉRIC FOL LEYMARIE
expert de la modélisation par informatique

l'informatique à sa démarche artistique que se poursuit désormais sa carrière.

« *J'ai toujours été attiré par l'art et par la science* », raconte-t-il. *Lorsque j'étais enfant, j'étais passionné d'astronomie et de géologie.* » Après son bac, il entreprend des études en informatique qu'il abandonne ensuite pour l'art. Il s'intéresse à la représentation de l'être humain, mais se sent perpétuellement insatisfait de son travail. Les contraintes techniques imposées par la peinture l'entravent. Il se sent plus à l'aise avec le dessin. « *Le dessin est plus direct. Le trait est le résultat de ce que le cerveau observe* », explique-t-il.

Sa quête ? S'affranchir, comme l'expliquait le sculpteur Alberto Giacometti, de la relation sentimentale avec son sujet, afin de trouver l'émotion la plus juste. Mais le traitement qu'il doit suivre pour un trouble bipolaire diagnostiqué peu avant 2000 marque une rupture dans son rapport au dessin. « *Avec le traitement, j'ai arrêté d'être excessif, et j'ai progressivement perdu ma passion pour la peinture et pour le dessin fait à la main* », explique-t-il sobrement. Il se tourne alors vers l'informatique, qu'il n'a jamais délaissée, et se met à concevoir des programmes de dessin capables de réaliser des portraits. Il s'intéresse aux algorithmes, un groupe d'artistes, qui, dès les années 1960, ont utilisé des algorithmes informatiques pour dessiner et acquiert, sur eBay, une table traçante.

En moins de deux ans, il obtient des résultats qui le satisfont d'autant plus que le recours à la machine le libère de la peur de montrer ses dessins. Mais il ressent le besoin d'une démarche plus rigoureuse et plus professionnelle. Il se lance dans un master au département art et informatique du Goldsmiths College, qu'il poursuit par un doctorat. Il travaille avec Frédéric Fol Leymarie, un expert de la modélisation par informatique du processus de la vision, et il lance le projet Aikon. Comme dans *Le Mystère Picasso*, le film d'Henri-Georges Clouzot, il s'agit de décrypter le processus de création d'un dessin par l'artiste. Mais Aikon a aussi pour ambition de simuler ce processus, grâce à la robotisation.

D'où la naissance de Paul. Outre l'utilisation des modules informatiques, en accès libre sur la plate-forme YARP (Yet Another Robotic Platform), Paul a été conçu à partir de modèles informatiques spécifiques simulant le processus de traitement des images par le cerveau d'un artis-



Patrick Tresset, l'artiste et son double

PORTRAIT | L'informaticien a conçu Paul, un robot constitué d'un bras articulé couplé à une caméra numérique motorisée capable de réaliser ses propres dessins

te. « *C'est le premier robot ayant un style artistique intéressant, et conçu avec un artiste*, explique Frédéric Fol Leymarie. *La démarche de Patrick est comparable à celle de Léonard de Vinci. Il fait de la science avec l'art et de l'art avec la science. C'est une façon d'avancer qui est assez novatrice* », poursuit-il.

« *Les récents progrès en informatique permettent désormais de simuler la stratégie d'un artiste. On évolue vers des robots ayant leur propre style de dessin*, renchérit Olivier Deussen, de l'université de Constance, en Allemagne, dont l'équipe a mis au point un robot peintre. *Mais Paul, par son côté fragile et rudimentaire, est aussi, à lui seul, une œuvre d'art* », précise-t-il. Paul a en effet un air de famille avec les sculptures de Jean Tinguely, en moins burlesque et plus fragile. Quand il commence à dessiner, l'œil de la caméra tourne au hasard autour de son axe, jusqu'à ce qu'elle reconnaisse un visage. Il le fixe durant un instant, avant de s'orienter soudain vers la feuille de dessin. Le bras se met en mouvement, procédant par petits traits tracés en différents endroits de la feuille, tandis que l'œil suit ses déplacements. Parfois, il se relève et se tourne de nouveau vers le modèle, tandis qu'on l'observe avec le regard attendri qu'on porterait sur un enfant qui dessine.

Au bout de quelques traits, l'arête d'un nez, le contour d'un visage se profilent. « *C'est éton-*

nant, Paul parvient toujours à saisir quelque chose dans un visage », s'enthousiasme Olivier Nérot, de la galerie H +, où le robot est en résidence d'artiste jusqu'à fin décembre. Au mur, derrière la table à dessin, sont affichées ses œuvres, cotées à 65 euros. A Londres, le Victoria and Albert Museum a même acquis le portrait par Paul du conservateur en chef de son département art numérique.

Mais Patrick Tresset n'a pas l'intention de s'arrêter là. Il veut aussi faire évoluer le style de Paul en lui donnant des influences artistiques. Dans une exposition récente, sponsorisée par la Tate Modern à Londres, il a installé cinq Paul autour d'une table, équipés de caméras de couleurs différentes. « *J'avais envie de le mettre en scène, comme dans une classe*, explique-t-il. *Les gens pensaient qu'il s'agissait de robots différents, alors que c'était toujours le même* ».

Alors regarder interagir avec Paul, on se demande si l'œuvre d'art n'est pas aussi quelque part par là, dans cette relation entre l'homme et la machine. Il reconnaît que Paul est un avatar de lui-même. « *Maintenant, je suis content de ses dessins*, dit-il. *Il y en a beaucoup que j'accepterais comme étant très bons si je les avais faits* » Et quand on jette un dernier regard vers le bras de Paul en train de se mouvoir sur la table à dessin, on reste ému par ces premiers balbutiements de l'art graphique au sein de la vie artificielle. ■

Patrick Tresset pose devant son robot Paul.

PHILIPP EBELING POUR « LE MONDE »

De l'influence du stress mécanique sur la peau des crocodiles

ZOOLOGIE

OLIVIER DESSIBOURG (« LE TEMPS »)

Quel est le point commun entre un vase en céramique chinoise, de la boue séchée au fond d'un ancien lac et la peau de la gueule d'un caïman ? Ces trois surfaces ont été formées selon le même phénomène physique : le craquage. Un mécanisme relevant de la science des matériaux qui semble banal dans les deux premiers cas, mais qui est plus surprenant lorsqu'il sert à expliquer la constitution des crocodiles. C'est ce à quoi se sont aventurées des équipes de chercheurs européens. Ils décrivent leur démarche dans la revue *Science* du vendredi 30 novembre.

Sur le corps des reptiles, les écailles sont disposées selon un schéma régulier et prévisible. « *Comme les poils des mammifères ou les plumes des oiseaux, les écailles des serpents, des lézards et celles du corps des crocodiles croissent à partir d'unités développementales appelées "primordium", elles-mêmes contrôlées par l'activité de gènes spécifiques*, explique le professeur Michel Milinkovitch, biologiste de l'évolution à l'université de Genève. *C'est une règle que l'on pensait universelle*. » Or rien de tout cela pour décrire les écailles de la face



Jeune crocodile du Nil.

MICHEL MILINKOVITCH & ADRIEN DEBRY

des crocodiles : « *Elles émergent d'un processus principalement physique*. »

Lorsqu'une couche d'un matériau adhérent à un substrat ferme et stable rétrécit sous l'effet d'un dessèchement (comme dans le cas de la boue) ou d'un refroidissement (le vase en porcelaine cuite), un champ de tensions mécaniques se crée en son sein et provoque l'apparition de « craquelures ». En résulte une marquerie aléatoire de domaines polygonaux adjacents, impossibles à prédire dans les détails.

Craquage

Le mécanisme est analogue, mais inversé, sur la gueule des crocodiles : leur peau est épaisse et rigide car composée d'un derme riche en collagène et d'un épiderme pétri de kératines. Juste dessous, un squelette de la face et des mâchoires qui grandit très rapidement. Ce qui induit sur la peau un stress mécanique à l'origine d'un craquage.

« *Ce n'est donc pas la couche supérieure qui rétrécit, mais le substrat sous-jacent qui grandit* », résume Michel Milinkovitch, qui précise : « *Aux endroits critiques, cette tension mécanique provoque une prolifération de cellules épithéliales, qui, elles, fabriquent un sillon sous forme d'invagination de la peau, ce qui a juste-ment pour effet de relâcher cette tension. Et le damier polygonal d'apparaître, indépendamment de tout mécanisme génétique !* »

Une théorie que les chercheurs ont pu démontrer en utilisant des méthodes d'informatique graphique en 3D et des techniques de marquage génétique appliquées lors du développement embryonnaire d'œufs provenant de la Ferme aux crocodiles de Pierrelatte (Drôme).

« *On a parfois poussé trop loin le "tout génétique" pour expliquer la formation des organismes. La génétique est bien sûr cruciale, mais il faut aussi tenir compte de mécanismes physiques, tout aussi importants* », plaide Michel Milinkovitch.

Et le professeur de conclure que « *ces travaux pourraient permettre de mieux comprendre les processus responsables de l'apparition de structures similaires chez l'homme* », telles les rides de vieillesse, ou les craquelures de la peau associées à certaines pathologies (psoriasis, eczéma, hypothyroïdisme, etc.).

La peau des crocos pourrait n'être pas utile qu'en maroquinerie. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE

Les dimensions du bonheur

N° 799

Le gourou de cette secte a défini plusieurs dimensions du bonheur, grâce à une propriété mathématique.

Il affirme en effet qu'un nombre permet un bonheur de dimension 1 s'il est égal à 13 fois la somme de ses chiffres ; il porte doublement bonheur s'il est égal à 13 fois le carré de la somme de ses chiffres ; il porte triplement bonheur s'il est égal à 13 fois le cube de la somme de ses chiffres ; et ainsi de suite...

Quels sont les nombres porte-bonheur pour chacune des trois premières dimensions ? Pour quelle(s) dimension(s) inférieure(s) à 6 n'existe-t-il aucun nombre porte-bonheur ?

SOLUTION DU N° 798

L'équipe compte 19 joueurs. Ceux qui portent les numéros 1 et 19 sont certains d'être en permanence sur le terrain. Sept des joueurs resteront sur la touche.

• Il existe des équipes acceptables (dont les sommes des paires de numéros sont toutes différentes) avec une numérotation des joueurs comprise entre 1 et 19. C'est le cas de :
1 - 2 - 3 - 8 - 11 - 15 - 19
ou de sa symétrie formée des compléments à 20 :
1 - 5 - 9 - 12 - 17 - 18 - 19.

En travaillant sur les écarts entre les nombres successifs, on montre qu'il est impossible de former une équipe acceptable avec moins de 19 joueurs. • Si une équipe acceptable ne comportait pas le numéro 19, c'est que 18 (ou moins) serait solution de la première question, ce qui n'est pas le cas. De même, si elle commençait par le numéro a strictement plus grand que 1, il suffirait de retrancher $(a - 1)$ à tous les numéros pour trouver une équipe acceptable parmi les numéros de 1 à $(20 - a)$, ce qui

est également exclu pour les mêmes raisons. Ainsi, 1 et 19 sont sûrs de jouer tous les matchs. Aucun autre joueur ne l'est : considérer pour cela les deux équipes symétriques données pour la première question. • Il semblerait que ces deux formations symétriques soient les seules possibles (si un lecteur en trouve une autre avec 19 joueurs, qu'il nous le dise). Ainsi, les numéros 4, 6, 7, 10, 13, 14 et 16 resteront sur la touche pendant tout le match.

La saison des prix

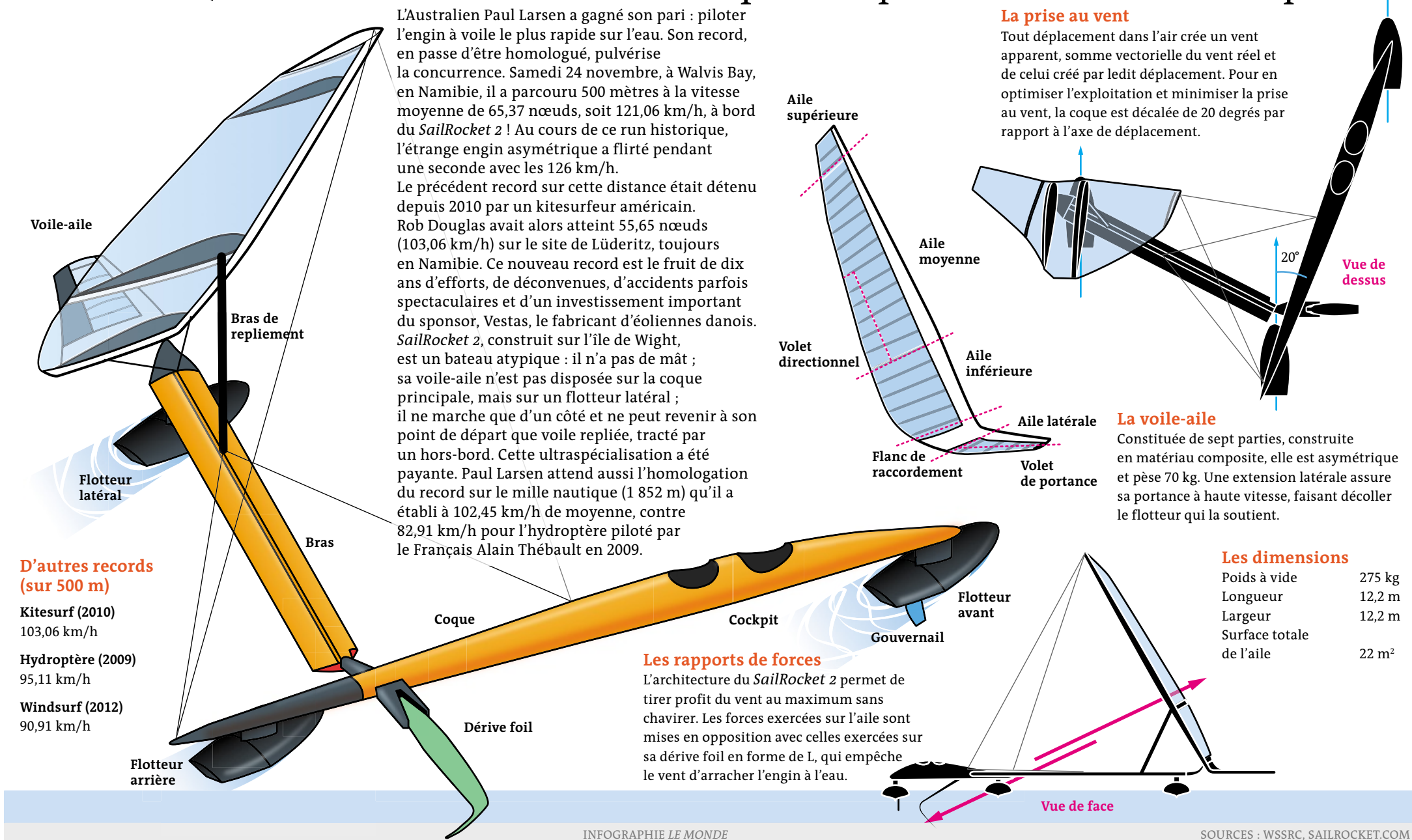
Pour la quatrième fois, le magazine *Tangente* a décerné son prix littéraire annuel. Les notes de lecture publiées tout au long de l'année dans le magazine et mises en ligne sur le site www.infinimath.com ont permis aux lecteurs de se faire une idée du contenu, d'acheter le livre s'ils étaient convaincus et de voter pour désigner sept « nommés » :

- *Les Divagations mathématiques*, de Ian Stewart (Dunod)
- *TOUT : les rêves mathématiques d'une théorie ultime*, de Jean-Paul Delahaye (Hermann)
- *Blagues mathématiques et autres curiosités*, de Bruno Winckler (Ellipses)
- *Alex au pays des chiffres*, d'Alex Bellos (Robert Laffont)
- *Un grain de sable dans le cours de maths*, de Stéphane Favre-Bulle (Ellipses)
- *Magic Mathieu multiplie les mystères*, de Dominique Souder (Belin)
- *Histoires de géomètres... et de géométrie*, de Jean-Louis Braham (Le Pommier).

C'est à ce dernier que le jury a décerné le prix. Jean-Louis Braham, architecte et directeur artistique, y fait vivre la géométrie à travers des histoires : celles de l'arpenteur babylonien, du jardinier d'Eratosthène, du compagnon picard du XIII^e siècle ou des feuillets oubliés de Léonard de Vinci... Le tout avec d'innombrables dessins, figures géométriques « scolaires » – le moins possible – et admirables tracés en perspective.

Informations sur www.infinimath.com

121,06 km/h : *SailRocket 2*, bateau le plus rapide de tous les temps



Pour Robert Barouki, biochimiste, il est de la responsabilité des scientifiques d'expliquer comment leurs travaux peuvent contribuer à l'évaluation des dangers et à leur réduction, sans occulter les incertitudes et les doutes

Environnement et santé : la science qui protège

| T R I B U N E |

Il y a la science qui explore et qui n'a besoin d'autre moteur que celui de comprendre le monde et de produire de la connaissance. Beaucoup de chercheurs considèrent que c'est leur motivation principale, et c'est d'ailleurs ainsi que les plus grandes découvertes et les plus grandes avancées dans les concepts ont été faites. Il y a la science qui innove, qui fabrique et qui transforme. Elle a été et sera encore le véritable moteur du progrès technologique, et elle suscite en même temps de grands espoirs et de fortes craintes. Mais il y a aussi la science qui prévient, qui protège, qui répare et qui rassure. Elle est à l'écoute des craintes et des besoins de la société et se propose d'y répondre. C'est cette dimension qui assure la durabilité et l'acceptabilité des deux autres, notamment celle du progrès technologique.

Cette présentation de la science en trois dimensions n'a certainement pas pour objectif de les isoler les unes des autres ; bien au contraire, elles font clairement partie d'une même entité, comme le reste de ce texte s'emploiera à le démontrer. Il est néanmoins important de ne négliger aucune de ces différentes dimensions pour éviter les malentendus. Il est bon de rappeler aussi que la rigueur scientifique n'est pas négociable quelles que soient les motivations du chercheur, et que ni les bonnes intentions ni les grandes perspectives ne dispensent de bonne science.

Des enquêtes d'opinion récentes indiquent que, parmi les inquiétudes principales de nos concitoyens, la qualité de l'environnement et ses effets sur la santé figurent toujours au premier plan. Le domaine environnement et santé est sans doute celui qui suscite le plus de controverses chez les « experts » comme dans le grand public. Certains débats peuvent donner l'impression d'une polarisation entre, d'une part, des militants d'un progrès scientifique sans retenue garant du développement économique et, d'autre part, des inconditionnels de la précaution, allergiques à tout progrès scientifique qualifié a priori de dangereux.

Cette manière caricaturale – et pas nouvelle – de voir les choses est dangereuse et elle ne résiste pas à un examen approfondi

di des arguments. Une vision intégrée en trois dimensions de la science telle qu'elle a été présentée ci-dessus peut contribuer à éclaircir ces débats.

Les connaissances scientifiques fondamentales constituent l'axe central, la colonne vertébrale sur laquelle s'appuient les autres axes, qu'ils soient orientés vers le progrès technologique ou vers la sécurité sanitaire et environnementale.

L'étude des effets des polluants chimiques de l'environnement sur la santé humaine illustre assez bien les intrications des différentes démarches scientifiques. L'évaluation des dangers liés aux polluants est réalisée grâce à des tests, réglementaires ou non. Ces tests sont importants, mais ils n'ont de valeur que si on les replace dans le contexte des interactions

« La science qui prévient est à l'écoute des craintes et des besoins de la société et se propose d'y répondre »

ROBERT BAROUKI
biochimiste

entre l'homme et son environnement.

En réalité, les organismes vivants sont en contact avec des dizaines de milliers de produits chimiques différents, naturels ou synthétiques. Ces interactions complexes s'accompagnent d'une adaptation des organismes telle que la plupart des produits potentiellement toxiques puissent être transformés, détoxiqués et éliminés. Cette capacité d'adaptation des organismes vivants est nécessaire à leur survie.

Or, une partie de la toxicité des contaminants est due aux imperfections et aux insuffisances de ces systèmes adaptatifs. Nous sommes donc en présence de processus biologiques tout à fait fondamentaux et essentiels à la survie, et ce sont les connaissances rigoureuses et fondamen-

tales de ces processus qui vont fonder certains tests utilisés pour détecter les dangers de ces polluants. On voit bien que la complexité de l'univers chimique qui nous entoure imposera des efforts immenses en recherche fondamentale pour pouvoir comprendre de manière intégrée les effets des polluants sur la santé, et ainsi produire les tests adéquats.

Les intrications entre le progrès technologique et la sécurité sanitaire et environnementale sont bidirectionnelles et multiples. Il est difficilement imaginable de produire un composé ou un dispositif nouveau sans prévoir, vérifier et analyser ses effets néfastes possibles. La notion même de progrès devrait être associée à la durabilité et à l'innocuité des produits innovants fabriqués, ou tout du moins à la supériorité des bénéfices attendus par rapport aux risques potentiels encourus. Mais la protection de la santé et de l'environnement bénéficie aussi du progrès technologique.

C'est évident en médecine, que ce soit pour de nouveaux médicaments ou pour des dispositifs médicaux innovants, mais c'est aussi le cas dans le domaine environnement-santé. A titre d'exemple, la décontamination de certains polluants organiques (pesticides, dioxines, PCBs) qui peuvent persister dans la nature pendant des dizaines d'années, voire des siècles, nécessitera des technologies ou biotechnologies particulièrement innovantes. Il ne serait pas raisonnable de se priver de ces technologies pour résoudre ces questions sanitaires difficiles.

Depuis plusieurs années, les relations entre progrès technologique et sécurité sanitaire et environnementale sont articulées autour du principe de précaution. Ce principe est toujours l'objet de controverses et il est souvent mal compris. Contrairement à la prévention, la précaution n'a de raison d'être que dans les situations associant trois conditions : une forte incertitude sur le lien de causalité entre un dispositif ou un composé et un effet toxique, une difficulté prévisible pour obtenir rapidement les preuves d'un tel lien et des conséquences néfastes graves si le scénario de toxicité le plus pessimiste est avéré.

L'application de ce principe revient aux pouvoirs publics, qui peuvent se conten-

ter de quelques données scientifiques partielles jugées suffisantes pour prendre des mesures de protection. Il est donc demandé aux scientifiques d'être capables, avec une quantité d'informations limitées, de prédire la toxicité éventuelle d'un produit ou d'un dispositif et d'estimer le degré d'incertitude. On voit bien que, contrairement à ce qu'on aurait pu penser, le principe de précaution constitue un beau défi scientifique qui nécessite de la créativité, de l'innovation, de la recherche rigoureuse et la meilleure qui soit. Notre pays doit y contribuer.

C'est l'une des responsabilités des scientifiques d'expliquer comment la science peut contribuer à l'évaluation des dangers et à leur réduction, sans occulter les incertitudes et les doutes, dans une vision intégrée et multidimensionnelle. ■

Le supplément « Sciences & techno » 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

Robert Barouki est biochimiste, chercheur en toxicologie ; directeur de l'unité Inserm/université Paris-Descartes – Pharmacologie, toxicologie, et signalisation cellulaire.

