



Un annuaire très convoité

De nouveaux documents d'Edward Snowden montrent que la NSA surveille le DNS, l'« aigilleur du Web ». Peut-on le protéger? PAGE 2



« Le poumon, vous dis-je ! »

Certaines maladies pulmonaires sont le reflet d'atteintes à d'autres organes, et réciproquement. Un effet miroir illustré à son insu par Molière. PAGE 3



Une combattante de l'esprit

La psychiatre Fatma Bouvet de la Maisonneuve consacre son dernier livre aux « Enfants et parents en souffrance ». Portrait. PAGE 7



Des ados entre deux genres

Ils sont nés garçon et se vivent fille, ou inversement. Pour ces enfants, un traitement hormonal permet de retarder le choix du sexe qui sera le leur pour la vie. Enquête.

PAGES 4-5

Niels, né Kyara (à gauche), et Sterre, née Tibor.

SARAH WONG POUR « LE MONDE »

La physique en dessous du zéro



CARTE BLANCHE

Roland Lehoucq

Astrophysicien, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

L'hiver est de retour et avec lui les températures chutent. Au quotidien, la température est une façon de rendre objectifs le chaud et de froid. Elle est repérée par un thermomètre gradué arbitrairement, l'échelle Celsius étant d'usage le plus courant à travers le monde. Plusieurs savants, dont Descartes et Lavoisier, eurent une intuition qui s'est confirmée : la température d'un corps mesure l'agitation des particules qui le constituent. Plus la température est élevée, plus leur vitesse moyenne est élevée. Ainsi, les molécules d'air ont une vitesse de l'ordre de 500 mètres par seconde à 20 °C et deux fois moindre à -200 °C. Il s'agit bien d'une vitesse d'agitation à l'échelle microscopique, et non d'une vitesse d'ensemble, les particules s'agitant incessamment de façon désordonnée.

Un corps étant d'autant plus froid que ses particules bougent lentement, la température la plus basse est celle pour laquelle toutes les particules sont immobiles. Ce « zéro absolu », qui équivaut à -273,15 °C, est bien absolu, car il ne dépend pas du type de particules ou de paramètres extérieurs. C'est une limite indépassable, vers laquelle on

peut tendre sans jamais l'atteindre. Le record actuel de température la plus basse est d'un demi-milliardième de degré au-dessus du zéro absolu, obtenu en piégeant et en refroidissant des atomes grâce à la lumière d'un laser.

Situation inversée

S'il existe bien des températures inférieures à 0 °C, en existe-t-il qui soient inférieures au zéro absolu ? Curieusement, la réponse semble positive et repose sur une définition plus fine de la température qui fait appel à la notion d'entropie, introduite par Rudolf Clausius en 1865. Selon lui, l'entropie est une mesure du degré de désordre d'un système au niveau microscopique : plus l'entropie est élevée, moins les éléments du système sont ordonnés. Ainsi, la fonte d'un cube de glace augmente son entropie, car la transition solide-liquide accroît le désordre des molécules d'eau.

Dans ce cadre, la température est liée à la variation de l'entropie en fonction de l'énergie donnée au système considéré. Si un peu d'énergie supplémentaire augmente beaucoup le désordre d'un système, cela signifie que sa température est

basse. En revanche, si le même apport d'énergie n'augmente pas significativement le désordre du système, c'est que sa température est élevée. La température est positive car, habituellement, le désordre augmente toujours avec l'énergie.

Pour obtenir une température négative, il faudrait que le désordre diminue quand l'énergie augmente. C'est le résultat étonnant qu'ont obtenu des chercheurs allemands fin 2012. Pour atteindre un tel état, ils n'ont pas refroidi un corps jusqu'à atteindre et dépasser le zéro absolu. Mais ils ont préparé un système dans des conditions très particulières, doté de propriétés remarquables : alors que, habituellement, un corps chaud au contact d'un corps froid lui transfère de l'énergie, la situation s'est trouvée inversée ; c'est le corps froid qui donnait de l'énergie au corps chaud ! Ces travaux ont soulevé une controverse dans le monde des physiciens, certains contestant tant la pertinence de l'expérience que la définition de la température. Si la question ne semble pas encore tranchée, ces résultats expérimentaux sont une prouesse technique qui ne peut que donner envie de s'intéresser à la question. ■

Sécuriser l'annuaire du Net

INFORMATIQUE | Des documents révélés par Edward Snowden pointent la surveillance du DNS, l'annuaire de l'Internet, par l'Agence de sécurité américaine, la NSA. Plusieurs pistes visent à sécuriser cet aiguilleur, au cœur du réseau

DAVID LAROUSSE

« Sur Internet, tout commence par le DNS. » « Sans DNS, il n'y a pas d'Internet. » Bien des experts commencent ainsi leurs explications sur ce maillon-clé qu'est le Domain Name System. Datant de 1983, ce protocole est presque aussi vieux qu'Internet. Essentiel, il fait notamment correspondre le nom d'un site ou d'un serveur de courrier, facile à retenir, à une série de chiffres (par exemple 195.154.120.129), qui est la véritable adresse des machines sur le réseau et donc le seul moyen de faire passer les paquets d'informations d'ordinateur en ordinateur, pour les acheminer à bon port. Le DNS est donc une sorte d'annuaire qui traduit des lettres en chiffres.

D'où l'intérêt de la National Security Agency (NSA), l'agence de renseignement américaine, pour cette partie d'Internet, comme l'a révélé *Le Monde* du 26 janvier : en observant le comportement des machines jouant le rôle d'annuaire, c'est l'état de santé du Web mondial que la NSA surveille. Quel serveur marche ou non ? Quel service se trouve où ? Sans compter qu'en espionnant directement les échanges liés au DNS, elle peut aussi savoir qui demande quoi, les requêtes vers les annuaires étant en clair sur le réseau... La NSA n'est pas la seule à s'intéresser à ce système. Les ingénieurs du réseau, les pirates, les antipirates ou les chercheurs s'activent également.

Commençons par les pirates. Puisque toute navigation sur le Web commence par le contact avec une machine DNS, des personnes mal intentionnées ont conçu des virus qui indiquent à l'ordinateur l'adresse d'une machine DNS non officielle, aiguillant alors l'internaute vers des sites non désirés. Comme si l'annuaire avait été falsifié. Les sites frauduleux peuvent alors servir de hameçon, une technique qui permet de voler des données personnelles par l'intermédiaire d'un faux site officiel institutionnel (banque, service de messagerie, etc.).

En espionnant directement les échanges liés au DNS, la NSA peut savoir qui demande quoi, les requêtes vers les annuaires étant en clair sur le réseau

Les pirates utilisent aussi une autre propriété du DNS. La réponse envoyée contient parfois plus d'informations que la seule série de chiffres nécessaires : plusieurs adresses, des dates, ou bien des nombres servant à chiffrer des informations. Du coup, le DNS est devenu un moyen de surcharger des serveurs afin de les rendre inopérants. L'idée est de se faire passer pour le serveur ciblé auprès d'une machine DNS, puis de lui envoyer des requêtes qui seront renvoyées au vrai serveur, qui croulera alors sous les informations... Ces attaques, dites par déni de service, n'utilisent pas que le DNS, mais, selon la société Symantec, elles ont augmenté de 183% entre janvier et août 2014. En mars 2013, l'attaque par déni de service la plus massive recensée utilisait le DNS : 300 gigabits par seconde étaient envoyés.

Inversement, les antivirus tirent profit des propriétés du DNS : un virus pour envoyer des données ou installer de nouveaux virus interroge lui aussi l'annuaire. A charge alors pour l'antivirus (d'un réseau d'entreprise) de repérer les requêtes DNS inhabituelles, trop fréquentes...

Des parades en constante évolution

En matière de sécurité, rien n'est jamais figé. Les défauts sont corrigés, mais les nouveautés créent de nouvelles failles, qu'il faut encore combler...

A la fin des années 1990, le risque que le protocole DNS soit détourné par des pirates pour aiguiller l'internaute vers de faux sites inquiète le Comité de l'ingénierie d'Internet (IETF en anglais). Une nouvelle version, DNSSEC, est donc proposée afin d'authentifier, par signature cryptographique, le titulaire de l'adresse numérique du site demandé par l'utilisateur. Mais les ingénieurs réalisent que, si la demande concerne

un site qui n'existe pas, la réponse signée ne peut être simplement « n'existe pas », pour des raisons de sécurité.

Le nouveau protocole stipule donc qu'en cas de non-existence d'un nom de domaine, par exemple, laqonic.fr, la réponse du serveur sera du type : « Il n'existe pas de nom entre laqonic.fr et lettonie.fr », qui sont les deux noms par ordre alphabétique qui l'encadrent. Mais c'est pain bénit pour ceux qui utilisent le DNS pour découvrir le nom de serveurs cachés, notamment ceux des entreprises.

Cette version a donc été remplacée en 2008 par une autre, qui transforme les

noms en une série de symboles incompréhensibles. Sauf que Dan Bernstein, professeur à l'université de l'Illinois (Chicago), a montré la même année comment le recueil de tous ces numéros sans queue ni tête peut se révéler toujours aussi précieux en recourant à la force brute des ordinateurs.

« La sécurité n'est pas une affaire binaire, tempère Stéphane Bortzmeyer, de l'Association française pour le nommage Internet en coopération. En pratique, on ne cherche pas forcément à interdire toute attaque mais à les ralentir. Ce que fait la version actuelle de DNSSEC. »

D. L.



Face à ces menaces, des améliorations du protocole ont été et sont encore proposées. A partir de 2000, une évolution majeure, DNSSEC (pour Domain Name System Security Extensions), est ainsi apparue. Elle permet de s'assurer que la réponse vient bien du titulaire légitime du nom de domaine, afin d'éviter les faux aiguillages. Malgré les améliorations apportées, la technique se diffuse lentement. En France, le dernier rapport de l'Observatoire de la résilience de l'Internet notait que moins de 4% des sites en .fr bénéficiaient de tels certificats électroniques. « Mais la Suède est à 60% ou 70% », note Stéphane Bortzmeyer, de l'Association française pour le nommage Internet en coopération (Afnic), responsable des extensions en .fr.

Une autre évolution est en cours pour répondre au problème de la confidentialité. En effet, actuellement, toutes les requêtes vers le DNS circulent en clair sur le réseau et passent de machine en machine. Si le fournisseur d'accès, qui est le premier sollicité, n'a pas dans sa mémoire temporaire le nom demandé, il envoie la question à une machine supérieure, et ainsi de suite. Mais si vous cherchez « perso.dupont.blog.hebergeur.com » cette question circulera intégralement, alors qu'il suffirait d'abord de demander quelle machine connaît « .com » ; puis quelle machine connaît « hebergeur.com », puis « blog.hebergeur.com »... Cela limiterait l'information disponible. Cette « minimisation » de la taille des paquets est en cours d'étude au Groupe d'ingénierie de l'Internet (Internet Engineering Task Force, IETF, en anglais). Elle devrait être proposée comme standard pour juillet 2015, selon un porte-parole de l'IETF.

Ce groupe ainsi que d'autres chercheurs travaillent aussi sur des voies différentes. Celles qui, avec des variantes diverses, visent à chiffrer l'ensemble des échanges et non pas seulement les authentifications. Ces dernières années, plusieurs techniques ont été proposées, comme T-DNS, soutenue par l'entreprise Verisign, ou DNSCurve, pro-

mue par Dan Bernstein, professeur à l'université de l'Illinois, à Chicago, qui est très critique vis-à-vis de DNSSEC. « Il y a sept ou huit propositions en discussion. Ça part un peu dans tous les sens et ça risque de prendre du temps », constate Stéphane Bortzmeyer. « En tout cas, Verisign a fait des mesures montrant que les calculs supplémentaires ne ralentissent pas le système », ajoute-t-il. En la matière, les obstacles sont peut-être moins techniques qu'idéologiques. Le chiffrement, en cachant tout, complique toutes les formes d'espionnage...

D'autres solutions plus radicales encore, à la fois plus sûres et respectueuses de la vie privée, demanderaient des changements majeurs dans l'infrastructure du réseau. En 2011, un groupe a ainsi lancé un système où l'annuaire n'est sous l'autorité de personne, sans qu'il soit pour autant ouvert à tous les vents. Son nom est Dot-Bit, qui est dérivé du système Namecoin. Ce dernier est un clone de Bitcoin, une monnaie et un système d'échange qui se veut alternatif aux banques en préservant, notamment, l'anonymat des paiements.

Un seul fichier, partagé par tout le monde, rassemble toutes les lignes de l'annuaire constitué du nom du site (extension en .bit) et de l'adresse numérique correspondante. Chaque utilisateur l'ayant sur son PC, il n'y a plus d'espionnage possible. La principale innovation est la manière dont de nouveaux noms de domaine sont enregistrés. Le propriétaire d'un site fait certifier sa demande par le réseau de machines participantes qui effectuent un calcul mathématique difficile, comme dans Bitcoin. Les porte-parole du groupe reconnaissent seulement quelques milliers d'utilisateurs mais sont confiants pour l'avenir de leur système.

En octobre 2014, un autre groupe d'informaticiens a exposé, lors d'une conférence à Héraklion (Crète), la dernière mouture d'un projet encore plus protecteur, le GNU Name System. Il s'applique au DNS, et plus largement à d'autres usages comme la gestion d'un carnet d'adresses, de ses amis sur un réseau social... Bien entendu, tous les échanges sont chiffrés et signés. Le système est également décentralisé, avec une base de données distribuée entre les participants du réseau par les techniques classiques du pair à pair. Sauf qu'en fait cette base de données n'est pas l'équivalent de l'annuaire DNS traditionnel. La paire nom du site - adresse numérique est présente, mais ne peut être lisible que par un système de déchiffrement assez complexe qui nécessite d'échanger des clés et des noms entre utilisateurs.

En pratique, cela fonctionnerait sans que l'utilisateur ait grand-chose à faire, un peu comme dans certains logiciels de messagerie qui chiffrent et déchiffrent les courriers assez simplement. « C'est vraiment de la recherche. Nous avons démontré qu'un système du genre DNS, qui respecte la vie privée tout en étant sûr, fonctionne. Si on voulait, on pourrait l'utiliser, explique Christian Grothoff, d'Inria Rennes, qui a travaillé sur les documents dévoilés par Edward Snowden sur la NSA et le DNS. Nous voulions montrer qu'il existe des solutions à des questions politiques. » Sur Internet aussi, les technologies sont rarement neutres. ■

Repères

1983 Déploiement du DNS, un protocole majeur pour le fonctionnement d'Internet.

2000 Déploiement de DNSSEC, une version plus sûre du DNS.

Septembre 2012 L'hébergeur de sites Web Go Daddy est victime d'une attaque s'en prenant à son serveur DNS.

Novembre 2012 Les sites roumains de Google et Yahoo! affichent une page malveillante. Les pirates ont ciblé directement les serveurs gérant l'extension .ro du pays afin d'en détourner le trafic.

Mars 2013 Vaste attaque contre Spamhaus, une entreprise de lutte contre les spams. Ses serveurs croulent sous les demandes et ne répondent plus. Des serveurs DNS ont servi de relais pour amplifier l'attaque.

Avril 2013 Les pages du *New York Times* et de Twitter sont détournées par l'Armée électronique syrienne. Les pirates ont en fait attaqué une entreprise australienne qui gère des noms de domaine afin de directement modifier les informations du DNS.

Avril 2013 Les serveurs gérant les noms de domaine de la Chine, en .cn, sont victimes d'un afflux de requêtes qui perturbent l'ensemble du réseau chinois pendant quelques heures.

2015 Des améliorations du DNS sont promises par le comité technique de l'Internet, l'IETF.

Molière, pneumologue malgré lui

MÉDECINE | Des maladies pulmonaires se manifestent par des signes qui touchent d'autres organes, et réciproquement. Ce « poumon miroir » avait été mis en scène dans « Le Malade imaginaire »

FLORENCE ROSIER

« **L**e poumon, le poumon, vous dis-je », martelait Toinette dans *Le Malade imaginaire*.

Molière, médecin malgré lui ? Près de trois siècles et demi après sa mort, sa soubrette apparaît en pionnière inattendue de la pneumologie. Car, dans cette ultime comédie, elle esquisse un diagnostic prémonitoire. Servante déguisée en médecin, elle dialogue avec Argan. Les maux de cet hypochondriaque défilent. Et Toinette les met, tour à tour, sur le compte d'une atteinte du poumon.

Si bouffon soit-il, ce diagnostic renvoie à un concept intrigant aujourd'hui reconnu : le « poumon miroir ». « *Il s'agit d'un miroir à deux faces. D'un côté, certaines maladies pulmonaires se reflètent hors du poumon, par des atteintes de la peau, des doigts, du cerveau, du cœur... À l'inverse, des affections non pulmonaires se présentent parfois comme des maladies du poumon* », résume le professeur Marc Humbert, pneumologue à l'hôpital de Bicêtre (AP-HP, Val-de-Marne). Autant de reflets trompeurs, sources d'erreurs diagnostiques. D'où leur mise en lumière : vingt-sept conférences leur seront consacrés lors du Congrès de pneumologie de langue française, du 30 janvier au 1^{er} février à Lille.

Le praticien doit toujours penser à ce qui se cache derrière le symptôme d'un patient

MARC HUMBERT
pneumologue

A dire vrai, les dysfonctionnements de tous nos organes peuvent retentir sur les autres organes. Mais les atteintes du poumon sont particulièrement bruyantes. « *On tousse, on siffle, on crache, on saigne parfois, on a des essoufflements et des douleurs thoraciques. Des symptômes souvent très pénibles : le manque d'oxygène met en jeu la survie* », analyse Marc Humbert.

Revenons à ce dialogue entre Toinette et son prétendu malade. Le professeur Humbert se prête au jeu de commenter cette parodie de diagnostic. « *C'est du poumon que vous êtes malade* », affirme Toinette. Argan : « *Du poumon ? – Oui. Que sentez-*

vous ? – Je sens de temps en temps des douleurs de tête. » Certaines céphalées, relève Marc Humbert, résultent en effet d'une complication de l'insuffisance respiratoire, qui augmente la pression en dioxyde de carbone dans le sang. D'autres maux de tête sont liés à certains cancers du poumon, même en l'absence de métastases : les cellules tumorales se mettent à sécréter indûment de l'hormone antidiurétique. D'où un œdème cérébral, à l'origine du mal de tête.

Écoutons la suite. Argan : « *Il me semble parfois que j'ai un voile devant les yeux.* » « *Le poumon* », rétorque Toinette. De fait, précise Marc Humbert, certains patients présentent parfois une paupière qui tombe : ce « ptosis » peut révéler une infection ou une tumeur du sommet du poumon. Quand ce ptosis est bilatéral et qu'il s'accompagne d'une grande faiblesse musculaire (« myasthénie »), il peut être lié à une tumeur du thymus. Celle-ci se met à produire des autoanticorps : d'où la myasthénie, maladie auto-immune.

Mais Argan poursuit ses plaintes : « *J'ai quelquefois des maux de cœur.* – *Le poumon.* » Certaines nausées proviennent réellement de pneumonies infectieuses, explique Marc Humbert. « *Je sens parfois des lassitudes par tous les membres.* » Une fatigue généralisée, confirme le pneumologue, peut traduire une tuberculose

ou une maladie plus rare comme l'hypertension artérielle pulmonaire. « *Et, quelquefois, il me prend des douleurs dans le ventre.* » Là encore, des douleurs abdominales peuvent résulter d'une pneumonie infectieuse. Et notre expert de clore l'exercice : « *Derrière le ridicule, ce "médecin" de théâtre préfigurait sans le savoir certains aspects de la médecine moderne. Aujourd'hui, le praticien doit toujours penser à ce qui se cache derrière la plainte ou le symptôme d'un patient.* »

De fait, une maladie pulmonaire peut se manifester par bien d'autres signes que ceux cités par Molière. Ainsi de l'hippocratisme digital : un élargissement de la dernière phalange des doigts, décrit par Hippocrate aux IV^e et V^e siècles avant notre ère, accompagné d'ongles bombés en « verre de montre ». « *Ce symptôme doit mettre sur la piste d'une maladie respiratoire*, alerte Marc Humbert. *Il peut être lié à un cancer bronchique, à une dilatation des bronches ou à une maladie rare, la fibrose pulmonaire idiopathique.* »

Quid de l'autre face du miroir ? Elle reflète des maladies non pulmonaires qui s'expriment dans le poumon. Les exemples abondent. Le plus fréquent concerne l'asthme cardiaque. « *Une proportion importante de patients âgés viennent consulter pour un "asthme"*, explique Marc Humbert. *En réalité, ils souff-*

rent d'une insuffisance cardiaque qui provoque un œdème pulmonaire. » Quant à la toux chronique, très banale, elle traduit parfois un reflux gastro-œsophagien ou une sinusite. Elle peut aussi refléter une intolérance à certains antihypertenseurs : les inhibiteurs de l'enzyme de conversion. Dernier exemple : les pneumonies à répétition peuvent traduire des déficits immunitaires rares, ou encore des problèmes neurologiques de « fausse route » vers la trachée lors de la déglutition.

Reste souvent à trouver les causes biologiques de ces symptômes en miroir. On suppose que les organes malades produisent des substances qui agissent à distance sur d'autres organes-cibles. Mais les preuves restent rares, sauf pour certaines tumeurs.

« *Les phénomènes de poumon miroir peuvent conduire à des situations dignes de figurer dans un épisode de "Dr House"* », conclut Marc Humbert, visiblement plus à l'aise avec la référence à cette série américaine à succès. Mais comment éviter les erreurs de diagnostic ? « *Bien informés, les médecins doivent être alertés par les aspects inhabituels de certains symptômes.* » Les progrès viendront aussi des collaborations étendues entre spécialistes d'organes, notamment via des réseaux nationaux et des centres experts, comme ceux sur les maladies rares. ■



« Le Malade imaginaire », huile sur toile. Comédie-Française, Paris. WWW.BRIDGEMANART.COM

TÉLESCOPE

Astronomie

De l'eau aurait coulé sur Vesta

La sonde américaine Dawn a survolé l'astéroïde Vesta entre 2011 et 2013. Les images qu'elle a alors prises de cet astre de 530 km de diamètre laissent supposer que de l'eau a pu couler de façon momentanée dans ses cratères : une équipe internationale y a repéré des rigoles et des accumulations de débris en forme d'éventail qui rappellent les ravissements formés sur Terre par des coulées boueuses, capables d'entraîner des rochers. Privée d'atmosphère et trop froide, Vesta ne peut conserver d'eau liquide à sa surface. Mais des poches de glace souterraines résultant de la chute de comètes pourraient avoir été temporairement réchauffées par l'impact de corps ayant croisé sa route.

► Scully et al., « *Earth and Planetary Science Letters* » du 1^{er} février.

1359 100

C'est le nombre de morts par cancer qui devraient survenir dans l'Union européenne en 2015, selon des prédictions publiées dans la revue *Annals of Oncology*. Ce total se partage entre 766 200 décès chez les hommes (138,4 décès pour 100 000 hommes) et 592 900 chez les femmes (83,9 pour 100 000 femmes). Cela représente une baisse respective de 7,5 % et de 6 % de la mortalité chez les deux groupes depuis 2009, et de 26 % et 21 % depuis le pic de décès constaté en 1988. Plus de 325 000 morts seront évitées en 2015 dans l'Union par rapport à 1988. Seules exceptions au déclin, le cancer du pancréas chez les deux sexes et celui du poumon chez les femmes, qui sera responsable de la mort de 87 500 Européennes – conséquence de la consommation de tabac qui s'est féminisée ces dernières décennies.



Zoologie

La méduse, à contre-courant

Pour Graeme Hays, biologiste à l'université de Swansea, au Pays de Galles, « *les méduses ne sont pas des sacs de gélée qui dérivent passivement. Elles ont des capacités d'orientation incroyablement avancées* ». En équipant un groupe de *Rhizostoma pulmo* de balises GPS tandis que des flotteurs analysaient le mouvement des eaux, des zoologues gallois et français ont pu montrer que ces gros cnidaires pouvaient nager à contre-courant. Perçoivent-elles les mouvements de l'eau ou les ultrasons qu'ils génèrent, sentent-elles les variations du champ magnétique ? Les scientifiques, pour l'heure, l'ignorent. Comme ils ignorent encore si les autres sous-espèces de méduses disposent des mêmes capacités. (PHOTO : GRAEME HAYS)

► Fossette et al., « *Current biology* » du 22 janvier.

Neurologie

Mieux rééduquer les patients « hémiparétiques »

Certains patients touchés par des lésions vasculaires d'un hémisphère cérébral souffrent de négligence spatiale unilatérale, ou hémiparésie : ils ne perçoivent pas le monde du côté opposé à l'hémisphère lésé. L'équipe de Paolo Bartolomeo (Inserm, Institut du cerveau et de la moelle épinière) a montré, grâce à l'étude de quarante-cinq patients touchés à l'hémisphère droit (hémiparésie la plus fréquente), que ceux ayant plus de difficultés de récupération présentaient des atteintes de la partie postérieure du corps calleux. Cette zone de connexion permet aux deux hémisphères de communiquer entre eux. L'hémisphère gauche ne pouvait donc compenser les lacunes de l'hémisphère droit. Ces patients doivent bénéficier d'un accès prioritaire aux traitements de rééducation.

► Bartolomeo et al., « *Brain* » du 21 janvier.

Sclérose en plaques : la piste des cellules souches

Un nouveau protocole a permis une amélioration des signes cliniques. Un résultat à confirmer

SANDRINE CABUT

Certaines formes de sclérose en plaques pourraient-elles bénéficier de thérapies cellulaires ? Une équipe américaine a annoncé des résultats préliminaires spectaculaires obtenus avec des injections de cellules souches hématopoïétiques – précurseurs des cellules sanguines – chez des malades atteints de SEP évoluant par poussées.

L'article publié par Richard Burt (université Feinberg, Chicago) et ses collègues dans la revue *JAMA*, datée du 20 janvier, est toutefois accompagné d'un éditorial de Stephen Hausen (université de Californie), un des grands spécialistes de la sclérose en plaques, qui invite à la prudence.

Maladie à la fois inflammatoire et neurodégénérative, avec une destruction de la gaine de myéline (qui protège les fibres nerveuses), la sclérose en plaques évolue le plus souvent par poussées, plus rarement par une aggravation progressive. Les traitements de fond de cette affection handicapante consistent en des médicaments immunomodulateurs ou immunosuppresseurs.

L'approche développée par les chercheurs de Chicago vise à reprogrammer le système immunitaire des malades grâce à leurs propres cellules souches hématopoïétiques, à l'origine notamment des globules blancs. Celles-ci sont prélevées dans leur sang, « nettoyées » – dans le but d'éliminer les cellules inflammatoires et celles qui détruisent la myéline –, puis réinjectées en in-

traveineux. Au préalable, les patients reçoivent un cocktail de deux immunosuppresseurs déjà validés dans la SEP ; deux protocoles distincts ont été utilisés.

En 2009, l'équipe américaine avait publié des premiers résultats portant sur 21 patients. Leur essai tout juste paru dans le *JAMA* en a inclus 145 (y compris les 21 premiers), suivis pendant six mois à cinq ans. Parmi les 82 malades, avec deux ans de recul, la moitié a une amélioration significative du handicap, avec un gain d'au moins un point sur l'échelle EDSS, un outil de notation clinique qui en comporte dix. La proportion est des deux tiers (23/36) dans le groupe avec quatre ans de recul.

Un tel succès, prolongé dans le temps, est inédit, soulignent les auteurs, qui notent aussi une

amélioration d'autres paramètres cliniques et même une régression des lésions en imagerie par résonance magnétique (IRM). L'analyse approfondie montre que ce sont surtout les patients dont la maladie évolue par poussées qui bénéficient de cette stratégie.

Des réserves soulevées

Quant aux effets secondaires, il s'est agi principalement d'infections et de maladies auto-immunes, bien connues avec l'alemtuzumab. « *L'idée de nettoyer le système immunitaire pour traiter la sclérose en plaques n'est pas nouvelle, mais les protocoles testés jusqu'ici étaient très lourds, sur le modèle de ceux des leucémies*, explique le professeur Thibault Moreau, chef du service de neurologie du CHU de Dijon. *Cette*

étude, importante, montre qu'une approche plus légère mérite d'être explorée. »

Pour ce spécialiste de la sclérose en plaques, les résultats présentés par l'équipe de Burt sont impressionnants, tant sur le plan clinique qu'à l'IRM. « *Passer d'un score EDSS de 4 à 3 signifie pour le patient passer d'une réduction du périmètre de marche à simplement des anomalies à l'examen clinique* », traduit-il. Comme l'éditorialiste du *JAMA*, il soulève cependant des réserves : l'étude a été conduite dans un seul centre, avec une population très hétérogène de patients et sans groupe contrôle. Le mécanisme d'action des cellules souches demande aussi à être précisé. Les auteurs eux-mêmes plaident pour une confirmation de leurs travaux par des essais randomisés. ■



Transsexuels

Donner le temps de choisir

MÉDECINE

Pour les préados qui ne se sentent pas en phase avec leur sexe, un centre à Amsterdam propose un traitement qui bloque la puberté le temps de s'affirmer sexuellement. Une méthode qui commence à séduire en France

LISE BARNÉOUD

Amsterdam, envoyée spéciale

« Ça commençait à pousser là-haut », raconte Niels en voûtant un peu plus ses épaules tout en jetant un regard furtif vers sa poitrine. Manifestement, à voir son rictus de dégoût, cette sensation nouvelle l'écoeura. Sterre aurait bien aimé, elle, sentir sa poitrine naître. Mais c'est un fin duvet qui commence à apparaître au-dessus de ses lèvres... à son plus grand désespoir. Niels a 13 ans. Il est né Kyara, avec deux chromosomes X et l'équipement complet des filles. Sterre, 12 ans, est née Tibor, et son chromosome Y la rangeait d'office du côté des garçons. Sauf que ni l'un ni l'autre ne se sont jamais sentis dans leur sexe biologique.

« Il y a eu une erreur d'attribution : nous ne sommes pas nés avec le bon sexe », affirment ces deux adolescents néerlandais de Zaandam, une grosse bourgade située à une vingtaine de kilomètres d'Amsterdam. Or l'« erreur » ne sera pas réparable avant 18 ans, âge à partir duquel la plupart des pays acceptent d'opérer ces jeunes souffrant de dysphorie de genre (le fait de s'identifier à l'autre sexe, aussi appelé

transsexualisme, transgenre ou encore incongruence de genre).

Mais aux Pays-Bas, une solution leur est offerte dès 12 ans : un traitement hormonal qui bloque la puberté et évite de subir les transformations non désirées de leur corps. Un traitement également proposé aux Etats-Unis, au Royaume-Uni ou au Canada, mais encore rarissime en France (une dizaine de cas recensés).

Le Centre d'expertise de la dysphorie de genre se trouve dans l'hôpital universitaire d'Amsterdam, le VU Medical Center. Au premier étage d'un bâtiment sans charme, les enfants et adolescents qui ne se sentent pas en phase avec leur sexe défilent, accompagnés de leurs parents. Ce centre pluridisciplinaire, où l'on croise des endocrinologues, des pédiatres, des psychologues ou encore des pédopsychiatres, est considéré comme pionnier dans la prise en charge des jeunes transsexuels. C'est ici que le traitement visant à bloquer la puberté a été utilisé pour la première fois, à la fin des années 1990. Depuis, pas moins de 300 adolescents comme Niels et Sterre ont débuté ce programme thérapeutique. « Le nombre de consultations ne cesse de croître. Nous avons une liste d'attente de trois à quatre mois malgré l'ouverture d'un deuxième centre à Leiden en 2011 », indique Annelou De Vries, la pédopsychiatre du centre.

Deux observations principales ont

conduit cette équipe à mettre en place un tel traitement. La première réside dans l'absence d'effet des psychothérapies chez ces jeunes adolescents. Et la seconde, dans leur souffrance durant la puberté : nombre de jeunes transsexuels tombent en dépression, décrochent au niveau scolaire, s'isolent. Le taux de suicide dans cette minorité est effroyablement élevé : d'après certaines études américaines, entre 40 % et 45 % des transsexuels adultes ont déjà fait une tentative de suicide, ce taux grimpe à plus de 75 % dès lors que ces personnes ont subi des violences physiques ou sexuelles.

Fin décembre 2014, une adolescente de 17 ans s'est ainsi jetée sous un camion, expliquant son geste par sa solitude et le refus de ses parents d'accepter sa nouvelle identité sexuelle. « Ma mort doit être ajoutée au nombre de personnes transgenres s'étant suicidées cette année. Je veux que quelqu'un regarde ce nombre et dise : "Putain, c'est grave." Et fasse quelque chose », conclut Leelah, née Josh, dans son dernier message publié sur son blog. « D'après notre expérience, ces souffrances sont des conséquences de leur dysphorie de genre, et non la cause », précise Annelou De Vries. Il n'existe aucune étude épidémiologique concernant la prévalence du transsexualisme dans l'enfance. Chez l'adulte, les estimations récentes sont de 1/10 000 pour les hommes qui se sentent

femme et de 1/30 000 pour les femmes qui se sentent homme.

Dès lors, comment répondre aux situations de détresse qui se succèdent chaque jour dans ce centre d'Amsterdam ? L'équipe n'a inventé aucune solution miracle : elle a simplement appliqué un traitement mis au point au début des années 1980 pour les enfants atteints de puberté précoce. Il s'agit d'une thérapie hormonale qui permet de bloquer cette matura-

tion sexuelle prématurée. On utilise pour cela des hormones de synthèse qui miment l'effet de l'hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires (GnRH), une neuro-hormone produite dans l'hypothalamus qui contrôle à la fois le système reproducteur masculin et féminin. Ces hormones dites analogues de

la GnRH active, dans un premier temps, la libération des hormones sexuelles. Mais très vite, en réponse à ce surmenage, les récepteurs à la GnRH se désensibilisent, bloquant ainsi son activité.

Des injections répétées sont alors nécessaires pour maintenir cette mise au repos. Car leur effet est réversible : à l'arrêt du traitement, les récepteurs retrouvent leur sensibilité, la GnRH stimule à nouveau la libération des hormones sexuelles, et la puberté peut redémarrer là où elle s'était arrêtée. « Nous avons suffisamment de recul sur cette hormonothérapie pour nous assurer de son efficacité, de sa réversibilité et de son innocuité », résume Daniel Klink, endocrinologue de l'équipe d'Amsterdam. Chez les enfants, quelques rares effets secondaires sont toutefois connus, notamment un risque de douleurs musculaires et articulaires, de fatigue, de troubles du sommeil ou un retard de calcification des os.

« Je me sens plus fatigué, j'ai régulièrement mal à la tête et j'ai parfois des bouffées de chaleur », confirme Niels. La piqûre tous les vingt-huit jours fait mal, aussi. Mais si cette thérapie n'existait pas, je ne voudrais plus vivre... Sa mère, assise derrière lui, confirme d'un geste triste de la tête. Et ajoute : « La thérapie hormonale s'accompagne d'une prise en charge psychologique. Au-delà des rendez-vous trimestriels, Niels peut appeler le psycholo-

**A l'arrêt
du traitement,
la puberté peut
redémarrer là où
elle s'était arrêtée**

gion sexuelle prématurée. On utilise pour cela des hormones de synthèse qui miment l'effet de l'hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires (GnRH), une neuro-hormone produite dans l'hypothalamus qui contrôle à la fois le système reproducteur masculin et féminin. Ces hormones dites analogues de

☐ **Sterre, née Tibor, 12 ans, avec ses parents.**

☐ **Niels, né Kyara, entouré de son père et de son petit frère. Sarah Wong, la photographe, a travaillé auprès d'enfants transsexuels. Elle a publié « Inside out », en 2011.**

SARAH WONG
POUR « LE MONDE »



que dès qu'il se sent mal. » Là réside l'une des plus importantes réussites du « protocole néerlandais » : une équipe pluridisciplinaire et un suivi régulier des adolescents. En outre, l'équipe procède à une sélection minutieuse des candidats : « Nous interrogeons les adolescents seuls, puis les parents. Nous récupérons aussi des informations auprès des écoles. Dans environ 25 % des cas, nous considérons que le patient n'est pas éligible au traitement, soit parce pour nous sa dysphorie de genre n'est que transitoire ou qu'il s'agit en réalité d'une homosexualité, ou parce que le patient n'est pas assez soutenu par son entourage », explique Annelou De Vries.

D'après les rares études sur le sujet, 75 % des enfants prépubères présentant des troubles de l'identité sexuelle ne se plaignent plus de leur genre biologique après l'adolescence. En revanche, ceux qui persistent à se sentir du sexe opposé après le démarrage de la puberté ne changent pratiquement plus jamais d'avis. « D'où l'importance d'attendre des stades plus avancés de la puberté, afin que ces jeunes puissent expérimenter leur identité biologique et confirmer, ou infirmer, leur décision », poursuit la pédopsychiatre. Sur les 300 adolescents pris en charge à Amsterdam, seuls quatre ont abandonné en cours de route.

Contrairement à Niels et à Sterne, Nina n'a pas convaincu lorsqu'elle est venue au centre, à 12 ans, implorer l'équipe de lui bloquer sa puberté. Sa voix commençait à descendre dans les graves alors qu'elle avait opté depuis plusieurs années déjà pour une identité féminine, à l'instar de son avatar dans les jeux de rôle en ligne. « J'étais peut-être un peu trop asociale à leurs yeux », se demande Nina, née Bas. Et puis, contrairement à d'autres, j'aurais pu vivre dans mon corps de garçon, mais c'est tellement mieux dans celui d'une fille... » A 15 ans, elle réussit finalement à persuader l'équipe d'Amsterdam de débiter le traite-

ment, mais le mal est fait : Nina a la voix grave et chausse du 42. « En revanche, j'adore ma silhouette longiligne, mes copines sont jalouses », précise-t-elle. A l'école, elle a demandé à changer son nom et à utiliser le vestiaire des filles. Et n'a que très peu souffert d'insultes ou de remarques désobligeantes. Depuis six mois, s'ajoute aux hormones analogues de la GnRH la prise d'estradiol, l'hormone sexuelle féminine : Nina finit donc artificiellement sa puberté, mais cette fois en direction du sexe souhaité.

Ceux qui persistent à se sentir du sexe opposé après le démarrage de la puberté ne changent pratiquement plus jamais d'avis

Moulée de noir et sirotant son thé, la jeune fille s'interroge : « Suis-je née ainsi ou bien me suis-je construit cette identité féminine à travers mes expériences ? J'ai par exemple toujours eu beaucoup d'amies filles, leur fréquentation m'a probablement influencée... » Comme plusieurs dizaines d'autres jeunes transsexuels néerlandais, Nina participe aux études menées dans le Centre d'expertise de la dysphorie de genre visant à mieux comprendre l'origine de ce trouble. « Nous faisons passer des IRM à nos pa-

tients, à la fois avant et après les traitements, pour tenter d'explorer le fonctionnement de leur cerveau », explique Baudewijntje Kreukels, psychologue et coordinatrice des travaux de recherche du centre.

Plusieurs hypothèses émergent de leurs études. La première est que la dysphorie de genre est une forme de variation du développement sexuel limitée au système nerveux central. Autrement dit, contrairement à d'autres troubles de ce type (comme l'intersexuation), où les perturbations sont visibles au niveau des caractères sexuels et sont influencées par des facteurs génétiques et hormonaux, ici point de dérèglement ni de cause identifiée : seul le cerveau ne se serait pas différencié sexuellement en cohérence avec les chromosomes et les organes génitaux. « Notre piste privilégiée est qu'une exposition prénatale à certaines hormones, notamment aux androgènes, pourrait expliquer pourquoi le cerveau ne se développe pas en cohérence avec les organes sexuels », explique la chercheuse.

De fait, les études d'imagerie semblent confirmer qu'au niveau cérébral, les transsexuels réagissent de façon similaire à leur genre vécu et non biologique. « Comme si certaines zones et certaines fonctions de leur cerveau s'étaient développées dans le sens opposé à leur sexe biologique », résume Baudewijntje Kreukels. Toutefois, cette hypothèse ne peut représenter qu'une explication parmi d'autres. Les études sur les jumeaux monozygotes, qui partagent non seulement le même environnement intra-utérin mais aussi le même patrimoine génétique, montrent que lorsqu'un enfant présente une dysphorie de genre, le second a une probabilité de 40 % d'être également atteint. Dans le cas de faux jumeaux, qui présentent un patrimoine génétique différent, cette probabilité est plus faible.

En France, le transsexualisme a longtemps été essentiellement traité par psychothérapie ou psychanalyse. Mais les choses évoluent. En 2010, un décret modifiait le code de la Sécurité sociale et classait les troubles de l'identité de genre non plus comme une affection psychiatrique mais comme une affection « hors liste », la « forme grave d'une maladie » nécessitant « un traitement prolongé d'une durée prévisible supérieure à six mois et une thérapeutique particulièrement coûteuse ». Sur le fond, rien ne change : les traitements continuent d'être pris en charge à 100 %. Mais sur la forme, la distinction est de taille : les transsexuels ne sont plus considérés comme des malades mentaux.

Reste qu'en matière de traitement chez les enfants et les adolescents, la route semble encore longue : « Nous ne voyons jamais ces enfants car le transsexualisme est vu comme une pathologie adulte et qu'aucun psychologue ou pédopsychiatre ne songe à nous envoyer ces jeunes patients », regrette Claire Bouvattier, pédiatre endocrinologue à l'hôpital Bicêtre. A 50 ans, cette spécialiste des enfants porteurs de variations du développement sexuel n'a reçu qu'un seul mineur atteint de dysphorie de genre accompagné par sa mère : elle a alors prescrit un traitement aux analogues de la GnRH pour bloquer sa puberté. « Il n'est pas interdit de le faire en France, mais il n'y a tout simplement aucune culture pour ces traitements précoces. » Claire Bouvattier n'est plus la seule à estimer nécessaire un tel traitement.

« Cette thérapeutique séduit les Français au point que des endocrinologues se sont mis à la prescrire, sans s'être entourés d'une équipe pluridisciplinaire et en laissant l'adolescent et sa famille affronter seuls les difficultés d'une telle transformation », critique Colette Chiland, psychiatre et psychanalyste, spécialiste de la question du genre, citant notamment l'exemple d'enfants réduits à l'enseignement par correspondance faute d'autorisation de changement de nom et de sexe par les rectorats. Toutefois, trois équipes pluridisciplinaires consacrées à ces enfants sont en train de se mettre en place : à la Pitié-Salpêtrière, à l'hôpital Robert-Debré à Paris et à la fondation Vallée (Gentilly, Val-de-Marne). « Nous avons déjà commencé les consultations spécialisées, adossées à des services d'endocrinologie, et souhaitons maintenant construire notre protocole et nous faire connaître auprès des associations », affirme Jean Chambry, pédopsychiatre à la fondation Vallée, qui reconnaît volontiers une frilosité de bon nombre de ses collègues face à ce traitement. Dans la foulée, la Société française d'étude et de prise en charge du transsexualisme (Sofect), jusqu'à présent uniquement consacrée à l'adulte, vient d'annoncer son intention d'élargir son champ de recherche aux enfants et adolescents.

Aux Pays-Bas, un premier suivi de 55 jeunes transsexuels entre leur onzième et leur vingt-deuxième année, publié en septembre 2014, conclut que la suppression de la puberté entraîne une amélioration dans la vie quotidienne de ces patients, notamment en termes de niveau d'anxiété, de bien-être mental et d'intégration sociale. « Mais ces enfants ont été sélectionnés aussi en fonction du soutien de leur entourage, ce qui peut biaiser les résultats par rapport aux autres transsexuels », fait remarquer Annelou De Vries. Un soutien que n'a pas connu Leah et qui fait trop souvent défaut. ■

Quatre adolescents racontent

T rès tôt, ils se sont sentis sous une identité qui ne leur correspondait pas. Des adolescents de 12 à 17 ans témoignent de leur transformation.

Sterre, née Tibor 12 ans, Pays-Bas

« Dès l'âge de 4 ans, j'ai souhaité me rendre à l'école habillée en fille. Mes parents n'étaient pas d'accord au début, mais ils ont fini par accepter. J'ai ensuite demandé à me faire appeler Sterne [*« étoile » en néerlandais*]. Cela fait si longtemps que je me sens fille que je ne fais plus attention à ce pénis entre mes jambes. Je suis juste embêtée à la piscine ou lorsqu'il faut se changer devant des inconnues. Sur ma carte d'identité, c'est encore écrit Tibor, sexe masculin. Je pourrai la modifier à 16 ans. Lorsque je prends l'avion, j'ai une lettre de l'hôpital pour expliquer la différence entre mon apparence et mon sexe officiel. »

Niels, né Kyara 13 ans, Pays-Bas

« Pendant mon enfance, j'étais toujours avec des garçons, je m'habillais en jean, je ne détachais jamais mes cheveux. Je jouais beaucoup au football. Quand j'avais 10 ans, j'ai été sélectionné pour jouer dans une équipe féminine régionale, ce que j'ai fait un certain temps. Mais je ne me sentais tellement pas à ma place que j'ai fini par jouer ma part exprès pour en sortir. Une fois, pendant les vacances d'été, une fille voulait sortir avec moi. Elle ne me plaisait pas mais j'étais très fier d'être vu comme un garçon à ses yeux. A 11 ans, j'ai écrit une lettre à ma mère pour lui dire que je préférerais être un garçon. Depuis l'été 2014, j'ai des injections tous les vingt-huit jours pour bloquer ma puberté, et j'attends mes 18 ans pour réaliser toutes les opérations nécessaires afin de devenir un homme. »

Nina, née Bas 17 ans, Pays-Bas

« J'ai toujours été très efféminée et je m'habillais souvent en robe. Je joue au jeu de rôle en ligne depuis toute petite. A 8 ans, j'ai commencé à utiliser un avatar féminin nommé Nina et j'ai très vite compris que je souhaitais être Nina dans la vraie vie aussi. J'en ai parlé à ma mère à 11 ans, elle m'a soutenue. Mais mon cas n'a pas convaincu l'équipe médicale d'Amsterdam et j'ai commencé à me masculiniser. C'était très douloureux. Je suis sous traitement depuis deux ans et j'ose apparaître en fille seulement depuis huit mois. Je mets des chaussettes dans mon soutien-gorge et passe beaucoup de temps chez mon coiffeur. Je me sens mieux dans ma peau aujourd'hui. J'ai même un ami depuis quelques mois. Il est au courant de ma situation. »

Marie-Alice, née Evin 17 ans, France

« J'ai la sensation d'avoir toujours été contrainte de vivre sous une identité qui ne me correspondait pas. Je parlais de moi au féminin, et mes parents me reprenaient sans cesse. A 10 ans, j'ai vu un reportage sur les transsexuels et je n'ai plus eu aucun doute : je souhaitais être une fille. J'ai écrit une lettre à mes parents à 13 ans pour le leur expliquer. Cela a été très dur pendant plus d'un an, puis ils ont accepté et j'ai fini par m'habiller en fille. C'était fabuleux, on m'appelait mademoiselle. J'ai eu la chance d'avoir une puberté légère. A part les érections qui me gênaient terriblement, mon corps ne s'est pas drastiquement transformé. Un ami m'a récemment donné le contact d'un endocrinologue qui m'a prescrit des hormones anti-androgènes. Il m'a sauvé la vie. » ■

PROPOS RECUEILLIS PAR L. BA.

« Ce traitement ne doit pas devenir l'unique solution »

Cynthia Kraus, philosophe, maître d'enseignement et de recherche à l'Institut des sciences sociales de l'université de Lausanne, est spécialiste de la thématique du genre, en particulier des questions trans et des neurosciences.

Bloquer la puberté des jeunes transsexuels afin de leur permettre de décider à 16 ans de poursuivre ou non vers des thérapies hormonales vous paraît-il une solution satisfaisante ?

Ce traitement permet un réel bénéfice : il donne le temps aux personnes concernées de réfléchir si elles souhaitent ou non modifier leur corps. Mais le discours d'urgence sur la puberté comme point de non-retour biologique qui accompagne ce traitement est

plus problématique. C'est délicat d'interroger cette urgence, surtout que le risque de suicide chez les jeunes trans est bien réel. Lorsque la perspective de développer les caractères sexuels dits secondaires est insupportable, pourquoi ne pas bloquer la puberté ? Oui, mais la raison de ce traitement n'est pas seulement de prévenir le risque de suicide. Son but est aussi normalisateur. L'avantage de laisser les jeunes se décider et modifier leur corps à la puberté, c'est, nous dit-on, qu'on n'y verra rien : les trans qui modifieront leur corps à ce moment-là auront l'air d'être nés homme ou femme. Cela revient à disqualifier les vies et les corps trans qui se voient, qui ne sont pas « naturalisés » en homme ou femme typique. Aussi, on ne connaît pas encore tous les effets se-

condaires... Ce traitement ne doit donc pas devenir l'unique solution.

Quelles autres alternatives voyez-vous ?

En se focalisant sur ce traitement, on estime que le problème se situe dans leur corps et leur tête. On risque d'abandonner une lutte importante, revendiquée depuis plusieurs années par les communautés trans politisées et les féministes : la lutte conjointe contre les inégalités de genre, de sexualité, d'origine, etc. Je ne dis pas que ces enfants doivent servir à faire avancer cette lutte sociale. Je dis seulement qu'il faut être conscient que ce traitement est une réponse individuelle, dictée par un environnement particulier. Si nous vivions dans une société sans discrimination, alors le choix de ce traitement pourrait devenir un vrai choix personnel. Mais ce

n'est clairement pas le cas. D'autre part, nous devons nous assurer que les conditions de vie des personnes qui ne peuvent pas prendre ce traitement, ou qui refusent de le faire, soient également satisfaisantes.

Que pensez-vous de l'hypothèse d'une origine biologique de la dysphorie de genre ?

Cette hypothèse n'est pas nouvelle, mais les preuves sont toujours faibles. La théorie dominante est celle de l'influence des hormones sexuelles durant la vie fœtale sur les caractéristiques sexuelles du corps et du cerveau. Aujourd'hui, cette théorie est surtout reprise par les cliniciens et certains groupes trans pour dépsychiatriser le désir de changer de sexe et faciliter l'accès aux traitements hormonaux et chirurgicaux. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR L. BA.

Ambitieuses neurosciences

LE LIVRE

La revue « Cités » amorce un dialogue entre sciences humaines et cognitives

HERVÉ MORIN

Le cerveau est un champ de bataille. Les sciences humaines ont parfois l'impression d'y perdre du terrain face à la montée en puissance des neurosciences cognitives. Ces dernières investissent peu à peu des sujets tels que la raison, le libre arbitre, la morale, le droit, l'économie... Au point de se voir parfois accusées, dans leur ambition, d'impérialisme sans partage, et, dans leurs méthodes, d'un réductionnisme qui déshumaniserait l'individu.

« Les neurosciences ont-elles pour objet de venir, sinon la science totale de l'être humain, du moins celle qui permet la synthèse de tout ce qui est pensé, vécu, agi, fait par lui ? », s'interroge le philosophe Yves Charles Zarka dans la revue *Cités*, qu'il dirige aux Presses universitaires de France. « En voulant faire des neurosciences une science de l'esprit, on bascule dans l'idéologie », soutient-il.

Il faut donc saluer son initiative, qui a consisté à ouvrir les colonnes de *Cités* à l'« ennemi » supposé, en lui demandant d'y exposer ce « que pensent et ce que veulent les neurosciences cognitives ». La réponse a été coordonnée par le neurologue Lionel Naccache. Et elle a toute la vigueur qu'on pouvait espérer sur un sujet aussi essentiel.

Pour Lionel Naccache, ces savoirs en gestation ne visent nullement à phagocytter les sciences humaines. La question posée n'est-elle pas plutôt le signe d'une défiance nourrie par une méconnaissance de ce que peut réellement cette neuroscience fantasmée ?

Il revient à Franck Ramus (ENS-CNRS) de préciser quelques notions – réductionnisme, déterminisme, démarche scientifique à base d'hypothèses réfutables – pour mieux récuser certaines des accusations récurrentes portées par les sciences humaines et sociales. A son sens, les neurosciences constituent un « épouvantail » bien commode « pour masquer les faiblesses des courants encore dominants en psychologie et en psychiatrie en France et pour justifier une forme d'ignorance délibérée des dimensions biologiques de l'être humain ».

Mathias Pessiglione, spécialiste des processus de décision, décrit ainsi comment l'évolution a forgé des comportements qui, dans certaines circonstances, peuvent passer pour irrationnels. La connaissance de ces « biais naturels » peut être utile dans le domaine de l'éducation ou de la clinique, assure-t-il.

Laura Pignatelli et Olivier Oullier (université Aix-Marseille) montrent que le droit aussi devient de plus en plus perméable aux neurosciences : jugera-t-on un individu, ou un cerveau, avec ses défaillances ? La question se pose pour certains cas de délinquance sexuelle, rappelle Serge Stoléro (Inserm). Le code civil français a ouvert en 2011 la porte au neurodroit, mais la formation des magistrats n'est pas encore suffisante. Ce numéro de *Cités* concourra peut-être à les sensibiliser, et avec eux ses lecteurs habituels, qui trouveront matière à entamer un dialogue plus informé avec d'autres humanistes explorateurs de l'esprit humain. ■

« Que pensent et que veulent les neurosciences cognitives ? », revue « Cités », n° 60, PUF, 218 p., 18 €.

Agenda

Exposition virtuelle L'art de sauver un vie

La Fondation Bill et Melinda Gates a fait appel à plus de trente photographes, peintres, sculpteurs, écrivains ou cinéastes pour mobiliser la communauté internationale afin que tous les enfants puissent avoir accès aux vaccins. The Art of Saving a Life présente en ligne les contributions d'artistes comme Annie Leibovitz, Angélique Kidjo, Alexia Sinclair, Christoph Niemann, Mary Ellen Mark, Chimamanda Ngozi Adichie, Sophie Blackall, Frank Viva, Glen Wexler, Mia Farrow...

> <http://artofsavingalife.com/>

Cigarettes, chercheurs et p'tites pépées



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

Journaliste et blogueur
Passeurdessciences.blog.lemonde.fr

(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

Messieurs – oui, exceptionnellement, cette chronique s'adresse en priorité aux hommes, mais les femmes tireront un bénéfice substantiel à la lire, car elles comprendront mieux les ressorts psychologi-

ques cachés de l'autre moitié de l'humanité... Messieurs, disais-je avant d'être intempestivement interrompu par moi-même, nous sommes encore proches du début de l'année et vous n'avez pas encore totalement oublié la bonne résolution que vous avez prise dans l'euphorie du 1^{er} janvier : réduire votre consommation de tabac, voire, si la Force est avec vous, jeune Padawan, abandonner la cigarette.

On vous l'a seriné, tout est une question de volonté. Pour les scientifiques, amoureux des chiffres, qui veut cesser de fumer met en balance deux données : d'un côté, le plaisir à court terme apporté par la dose de nicotine, de l'autre, les bénéfices à long terme que l'on retire, en termes de santé, de l'arrêt du tabac. Tout dépend donc du prix que l'on donne au futur. Or, une expérience réalisée en 2004 a montré que ces messieurs (oui, on revient enfin à vous) déprécient l'avenir, lui accordent moins de poids, lorsqu'ils voient une photographie de jolie femme. C'est un peu comme s'ils passaient en mode « carpe diem » à la perspective d'un accouplement. Ces résultats ont été confirmés, et l'on a pu constater que les hommes stimu-

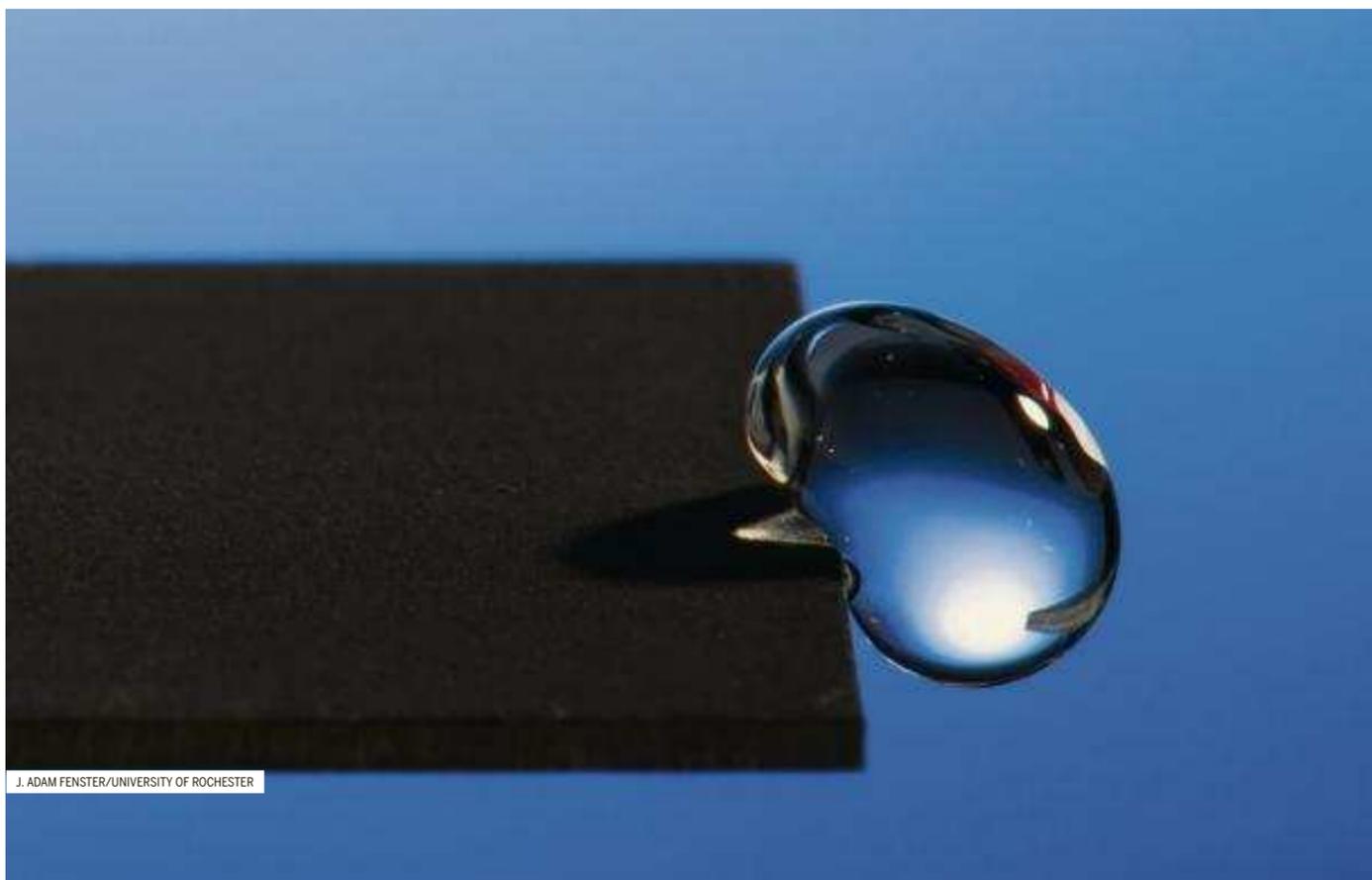
lés à l'idée d'un plan galipettes jouaient l'impulsivité : ils prenaient plus de risques au black jack, faisaient des dons plus généreux et soutenaient plus facilement les va-t-en-guerre...

Forts de ces données, des chercheurs taiwanais viennent de se demander, dans une étude publiée en novembre 2014 par *Evolution and Human Behavior*, si cet effet court-termiste allait se retrouver chez des hommes ayant décidé de cesser de fumer. Pour le savoir, ils ont imaginé une expérience qui aurait pu s'intituler « Cigarettes, chercheurs et p'tites pépées » en hommage à un chef-d'œuvre du cinéma français des années 1950... Ils ont recruté, sous un prétexte quelconque, 76 mâles désireux de divorcer d'avec le tabac. Ceux-ci étaient prévenus que l'expérience durerait au moins une demi-heure et qu'ils seraient autorisés à fumer dans l'intervalle, un fumoir jouxtant la salle de tests.

Plusieurs tâches les attendaient. Ils devaient tout d'abord noter de 1 à 7 des photos de femmes (1 signifiant « mochissime » et 7 « aidez-moi à remettre ma langue dans ma bouche

et mes yeux dans leurs orbites »). Toute l'astuce de l'expérience consistait à diviser la cohorte en deux, un groupe n'ayant à juger que des images de jolies filles, l'autre devant évaluer la plastique de, euh – comment dire ? –, créatures moins bien dotées par la nature. Puis les cobayes passaient un test de rapidité où ils rangeaient des mots en fonction de la couleur dans laquelle ils étaient écrits. Six mots étaient liés à la séduction (comme couple, amour, sexe...) et six autres étaient neutres (livre, bureau, immeuble, etc.). Il s'agissait de bien imprimer l'idée de la bagatelle dans le cerveau de ces gaillards. Enfin, ces derniers complétaient un questionnaire sans aucun rapport avec ce qui précédait, destiné à noyer le poisson et, surtout, à tirer l'expérience en longueur, pour les inciter à fréquenter le fumoir.

Résultat, les membres du groupe aux laiderons ont grillé en moyenne une cigarette, tandis que ceux du groupe aux canons en ont fumé deux, comme s'ils avaient plus que les autres oublié leurs bonnes résolutions. Messieurs, si vous voulez vraiment arrêter le clope, désabonnez-vous de Lui. ■



J. ADAM FENSTER/UNIVERSITY OF ROCHESTER

Un métal super-hydrophobe

Des gouttes qui rebondissent sur une surface. Plus fort encore que l'eau glissant sans laisser de traces sur une feuille de nénuphar. La technique mise au point par deux chercheurs de l'université de Rochester et décrite dans le *Journal of Applied Physics* du 22 janvier est bluff-

fante : des sillons microscopiques gravés sur une plaque métallique à l'aide d'un laser la rendent super-hydrophobe. L'intérêt ? La surface s'auto-nettoie lorsqu'il pleut. La limite ? Il faut un laser surpuissant mobilisé plusieurs heures pour fabriquer quelques centimètres carrés. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE

La cinquième colonne

Dans les cases d'une grille formée de 6 lignes et de 10 colonnes sont inscrits des caractères, avec une seule contrainte : deux lignes ne sont jamais totalement identiques. Le responsable des économies vous demande de supprimer 5 des colonnes. Est-ce possible de le faire quel que soit le remplissage de la grille de façon que deux lignes quelconques restent toujours différentes ?

N° 898

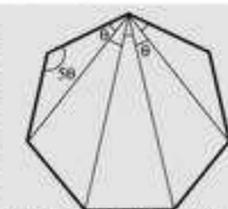
A	R	A	A	A	R	A	A	A	A
R	A	A	R	A	A	A	A	A	A
A	A	A	R	A	A	A	A	A	A
R	A	A	R	A	A	A	A	A	A
A	R	A	A	A	R	A	A	A	A
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

exemple de grille

SOLUTION DU N° 897

Pour le pentagone régulier, pour l'heptagone, pour l'ennéagone et pour tous les polygones réguliers possédant un nombre impair de côtés, chacune des diagonales est parallèle à un côté. En revanche, ce n'est jamais le cas pour un polygone convexe à un nombre pair de côtés, qu'il soit ou non régulier.

Un polygone régulier de $(2n + 1)$ côtés a ses $(2n + 1)$ angles égaux (en radians) à : $(2n - 1) \pi / (2n + 1) = \pi - 2\pi / (2n + 1)$. On considère que l'un de ses côtés est horizontal. On en déduit (en les ajoutant successivement) que l'ensemble des valeurs prises par les angles formés par l'horizontale et les côtés est alors l'ensemble des $(2n + 1)$ multiples de $\theta = \pi / (2n + 1)$.



Les $(2n - 1)$ diagonales issues d'un sommet le divisent en $(2n - 1)$ angles égaux à θ . En vertu de l'affirmation précédente, elles sont toutes parallèles à l'un des côtés. Cas de l'hexagone (et plus généralement d'un polygone à un nombre pair $2n$ de côtés). Qui dit $2n$ côtés dit $n \times (2n - 3)$ diagonales. Si chaque diagonale était parallèle à l'un des côtés du polygone,

d'après le principe des tiroirs, l'un des $2n$ côtés serait parallèle à au moins $(n - 1)$ diagonales, elles-mêmes parallèles entre elles et donc sans sommets communs. Ces diagonales fournissent donc $2 \times (n - 1)$ extrémités, qui, ajoutées aux deux extrémités du côté qui leur est parallèle, occupent tous les sommets du polygone. Or, le polygone étant convexe, les n segments parallèles ainsi mis en évidence sont distincts, et les deux segments les plus extérieurs ne peuvent être que des côtés du polygone, ce qui est exclu par l'hypothèse qu'il n'y a parmi eux qu'un seul côté et $(n - 1)$ diagonales. Il existe donc toujours, dans le cas de l'hexagone ou de l'octogone, au moins une diagonale qui n'est parallèle à aucun des côtés.

ÉLISABETH BUSSET ET GILLES COHEN © POLE 2015

www.affairedelogique.com

Cinéma, danse et mathématique, destins croisés

« Sciences et Société » à Nancy

Depuis 2011, un cycle de conférences grand public, destiné à favoriser la diffusion de la culture scientifique en général, et mathématique en particulier, est organisé à Nancy. En 2015, il alternera conférences et débats autour d'un film.

- Mercredi 28 janvier, à 19 h, Serge Haroche, spécialiste de physique quantique, présentera « Le chat de Schrödinger » au grand amphithéâtre de la Faculté de droit (13, place Carnot, 54000 Nancy), nous laissant entrevoir la possibilité d'exploiter l'étrangeté quantique pour construire des appareils accomplissant des tâches impossibles à réaliser dans le cadre de la physique classique.

- Mardi 3 février, à la faculté des sciences et techniques de Vandœuvre, après la projection du film d'Hervé Nisic « Grothendieck, l'espace d'un homme », Michel Demazure, mathématicien, l'un des premiers élèves puis collègue lui-même d'Alexandre Grothendieck, animera un débat en présence du réalisateur du film. Une prochaine rubrique détaillera les événements suivants, entre mars et mai.

Infos sur lecluniv-lorraine.fr/Cycle-Conferences-Sciences-et-Societe

• Tournée du spectacle chorégraphique « Pixel »

En tournée à travers la France (et même en Italie), le spectacle dansé « Pixel » de Mourad Merzouki, conçu avec la compagnie AMCB, est un ballet pour dix humains et des milliers de points. Au cours de cette pièce chorégraphique 2.0, on est plongé dans un univers où la réalité n'existe plus, où les partenaires se dédoublent, où le vrai et le faux fusionnent. Le dialogue est ouvert entre le monde virtuel de la projection numérique et le monde, bien réel, lui, de la danse, dans un jeu de volutes de lumière, de constellations mouvantes, de points qui ne tiennent pas en place, de lettres qui s'envolent. Prochaines étapes de fin janvier à mars : Lyon, Montpellier, Suresnes, Clamart, Cusset, Perpignan, Arinécy, Orly, Compiègne, Bron, St-Maur... Suivez l'itinéraire de la tournée sur www.am-cb.net/onglet_agenda/

**Fatma Bouvet
de la Maisonneuve,
dans son cabinet
à Montrouge
(Hauts-de-Seine),
le 13 décembre 2014.**

ANNABELLE LOURENÇO



SANDRINE CABUT

Ces dernières semaines, comme beaucoup de psychiatres, le docteur Fatma Bouvet de la Maisonneuve a dû gérer le contre-coup des récentes attaques terroristes chez ses patients. Dans son cabinet, en périphérie de Paris, elle a reçu en urgence les plus touchés : des personnes aux troubles anxieux exacerbés qui n'arrivent plus à affronter leur phobie des transports ou de la foule ; d'autres souffrant d'un état de stress post-traumatique réactivé par la diffusion en boucle d'images violentes... Sans compter les douloureuses questions identitaires chez ses patients de confession juive ou musulmane.

D'ordinaire, cette psychiatre, elle-même de culture musulmane, est plutôt à l'écoute d'autres souffrances, celles des femmes en particulier. Une écoute attentive et bienveillante, qu'on perçoit instantanément en assistant à ses consultations consacrées aux adultes, mais pas seulement.

« *Combattante constructive* », selon l'expression de son ancien patron, le professeur Jean-Pierre Olié (ex-chef de service à l'hôpital Sainte-Anne, à Paris), Fatma Bouvet de la Maisonneuve porte son engagement au service de la cause féminine bien au-delà de sa pratique quotidienne. Par des conférences auprès d'organisations non gouvernementales et d'entreprises. Par l'écriture de livres décapants et éclairants, surtout *Les Femmes face à l'alcool* (2010), *Le Choix des femmes* (2011) et le récent *Enfants et parents en souffrance*, tous trois publiés aux éditions Odile Jacob. Par son implication dans la vie citoyenne aussi : un temps élue locale (PS), elle est associée aux activités du Conseil économique et social. Et elle participe à des think tanks comme l'Observatoire des futur(e)s, qui se penche sur le « *bouversement du genre féminin et ses effets sur le genre masculin* », et le Club XXI^e siècle, engagé dans la promotion de la diversité.

En totale empathie avec ses patientes, cette femme pétillante se montre sans concessions pour ceux qui les maltraitent : leurs employeurs, les professionnels de santé, les enseignants de leurs enfants, et plus généralement la société et les décideurs, trop indifférents à la qualité de vie des femmes actives. « *J'aime bien briser les tabous, mettre sur la place publique ce qu'on me dit de façon intime en consultation, faire le lien entre constats individuel et collectif* », sourit-elle. Selon elle, « *les psychiatres sont un vivier d'informations qu'on n'écoute pas assez, et qui pourraient orienter vers la prévention des complications sociales* ».

« Les psychiatres sont un vivier d'informations qu'on n'écoute pas assez, et qui pourraient orienter vers la prévention des complications sociales »

FATMA BOUVET DE LA MAISONNEUVE

Un exemple ? Les problèmes d'alcool au féminin, pour lesquels elle a eu l'idée d'une consultation spécifique à Sainte-Anne, ouverte en 2008. « *J'ai tout de suite été frappé par sa curiosité pour des situations que les médecins ont tendance à laisser de côté*, souligne Jean-Pierre Olié, qui a accueilli Fatma Bouvet de la Maisonneuve dans son service lorsqu'elle a débarqué de sa Tunisie natale, il y a vingt ans. *Elle était venue en France se former à la toxicomanie, elle nous a mis sous le nez le problème de l'alcoolisme au féminin.* »

Dans son ouvrage consacré à ce sujet méconnu, tissage réussi de parcours de patientes entremêlés avec des données de la science et ses propres réflexions, les femmes concernées trouveront un soutien inconditionnel et des moyens concrets pour sortir de leur dépendance ; les professionnels et

Les femmes et les enfants d'abord

REPORTAGE | La psychiatre Fatma Bouvet de la Maisonneuve a fait de la lutte contre l'alcoolisme féminin et la maltraitance médico-éducative le cœur de son engagement

pouvoirs publics, une ferme invitation à agir en urgence !

Construit sur le même modèle, son dernier livre, *Enfants et parents en souffrance*, s'attaque à la « *maltraitance médico-éducative* ». Beaucoup de parents d'enfants dyslexiques, phobiques scolaires, surdoués ou atteints de maladies chroniques se retrouveront sans peine dans ces témoignages de familles déboussolées, épuisées, culpabilisées...

Dans certains cas, c'est le milieu médical qui dysfonctionne, comme le montrent plusieurs récits du livre. Outre le grand professeur « *d'une froideur et d'une arrogance à vous glacer le sang* », la mère d'une fillette atteinte de leucémie doit affronter la « *torture morale* » infligée par une psychologue expliquant que la maladie d'un enfant est dans la plupart des cas « *une réaction à un fort manque affectif des parents* »... Des mères d'enfants dyslexiques ou hyperactifs énumèrent l'empilement de prises en charge spécialisées (psychologue, pédopsychiatre, orthophoniste, psychomotricien...) sans aucune coordination.

Dans d'autres cas, c'est du côté de l'école que le bât blesse. « *Votre fille est la seule, vous m'entendez, la seule à n'avoir pas pu enfiler des trombones* », s'est entendu dire la mère d'une enfant « *atypique* », convoquée par sa maîtresse de CE1. « *Soit M. est déficiente, soit elle a un QI très élevé, mais dans tous les cas l'éducation nationale ne nous forme pas pour nous occuper d'enfants comme ça* », a poursuivi l'enseignante. Admise dans un autre établissement, la fillette surdouée y a été victime de harcèlement dans l'indifférence générale. Le directeur de l'école expliqua même à sa mère, « *sans ciller, qu'il était plus facile de mettre un élève dehors (ma fille) plutôt que douze (la joyeuse bande de tortionnaires), car financièrement c'était plus intéressant* ».

« *A l'annonce du problème de votre enfant, qu'il soit physique ou psychologique, comment réagit le plus souvent l'école ? Au mieux par l'indifférence ou l'évitement, au pire par une forme d'exclusion* », dénonce Fatma Bouvet de la Maisonneuve dans son livre. Ce qui a uni toutes ces histoires de parents, écrit-elle, « *ce sont leur solitude et leur désarroi face à la violence avec laquelle leur enfant en souffrance a été considéré. Violence qui s'est manifestée par l'agressivité ou l'incompréhension,*

mais aussi par le silence ou l'indifférence ».

Un constat d'autant plus préoccupant que ces cas sont loin d'être exceptionnels et qu'ils peuvent avoir des conséquences dramatiques. Dans ces familles, où l'enfant en souffrance accapare toute l'énergie, les frères et sœurs sont parfois « *négligés* », le couple au bord du gouffre. Et le jeune lui-même peut se retrouver complètement exclus du système scolaire.

« *Les enseignants et les médecins sont les deux corps de métier à qui l'on confie ses enfants. On leur fait entièrement confiance a priori, mais en cas de problème, on leur en veut énormément* », résume-t-elle, en plaçant pour que les professionnels de l'éducation et du soin travaillent ensemble et, au-delà, pour une réflexion globale sur la jeunesse, sa santé, son mieux-être.

Mais où cette femme de 49 ans, mariée à un psychanalyste et mère de deux enfants puise-t-elle son énergie ? Dans son propre parcours sans doute. Elevée à Tunis, dans une maison aux murs tapissés de livres, elle choisit la médecine, « *parce que répondre à la souffrance de l'autre me semblait plus noble que tout* ». Arrivée en France après deux années de formation en psychiatrie en Tunisie, elle connaît le statut « *peu enviable* » de médecin à diplôme étranger. « *Quand j'ai repassé le concours pour l'équivalence de diplôme, en 2008, j'avais quinze ans d'exercice en France* », souligne-t-elle. Titulaire d'un DESS de marketing, elle a aussi travaillé une dizaine d'années comme communicante dans l'industrie pharmaceutique en parallèle de son activité clinique, « *un bon terrain d'observation du monde de l'entreprise* », dit-elle.

« *Fatma a toutes les qualités que j'aime chez les femmes tunisiennes : un caractère entreprenant, un réel engagement sur le plan politique et social, et une émancipation plus aboutie que celle des Françaises*, s'amuse Sophie Bramly, artiste et productrice, fondatrice du think tank l'Observatoire des futur(e)s. *Avec elle et d'autres personnalités, j'ai travaillé sur le thème du pouvoir, sur celui des femmes au travail, et elle nous a renvoyées à une réalité qu'on ne veut pas voir : la plupart d'entre nous frôlons en permanence le burn-out ! Elle sait appuyer là où ça fait mal.* » Peut-être, mais pour mieux prendre soin ensuite. ■

Le bruant jaune, pompier pyromane

ZOOLOGIE



NATHANIEL HERZBERG

Le bruant jaune est un adorable animal. Petit, coloré, il est doté d'un chant particulièrement mélodieux. Tombé amoureux du volatile, l'ornithologue tchèque Pavel Pipek a développé un programme de science participative, invitant ses compatriotes à enregistrer eux-mêmes les douces ritournelles du passereau. Devant le succès, le scientifique décida d'étendre l'expérience à la Grande-Bretagne, puis à la Nouvelle-Zélande.

C'est ainsi qu'il a découvert une histoire qui n'avait laissé que peu de traces dans les manuels d'écologie. Une sorte de fable morale, dans laquelle l'homme tente de mettre la nature à son service mais voit sa créature se retourner contre lui. Elle est publiée dans le numéro de janvier de la revue *NeoBiota*.

Nous sommes en 1864. Mary Shelley a déjà écrit son *Frankenstein* depuis près de cinquante ans et la cargaison qui transporte le *Violet* n'a pas de quoi inquiéter grand monde. Parti de Londres le 16 mars avec, dans ses soutes, 48 bruants, le *Violet* accoste à Nelson (Nouvelle-Zélande), le 5 juin, avec huit spécimens survivants – par la suite, le taux de survie atteindra 50 %. Les journaux les accueillent en fanfare. Il faut dire que l'île souffre d'une prolifération de chenilles et de criquets qui s'attaquent aux cultures. L'abattage forestier a éliminé les prédateurs autochtones. Des sociétés d'acclimatation ont été créées pour en importer d'autres. Dans les quinze années suivantes, environ 700 bruants jaunes, arrivés à bord de vingt bateaux, sont relâchés sur les deux principales îles de l'archipel. La dernière cargaison, débarquée à Lyttelton le 5 mars 1880 à bord du *Waimate*, est pourtant directement renvoyée vers l'Australie voisine.

Car entre-temps, « *le héros s'est fait scélérat* », explique Pavel Pipek. En épluchant les archives mais aussi la presse de l'époque, son équipe a suivi chacun des chargements et les réactions qu'ils ont suscitées. La jeune nation a ainsi employé les grands moyens pour soutenir l'adaptation des passereaux. Un Protection Act a été voté, qui punit les chasseurs d'animaux importés de lourdes amendes. Pire : les deux prédateurs locaux du bruant, le faucon et la nioxe boubook, ont été systématiquement abattus. « *En Angleterre, l'oiseau était classé comme granivore dès les années 1860, mais en Nouvelle-Zélande, il était réputé purement insectivore*, explique l'article. *Rapidement, des*



Le bruant jaune, ennemi public numéro un en Nouvelle-Zélande. PETR JAN JURACKA

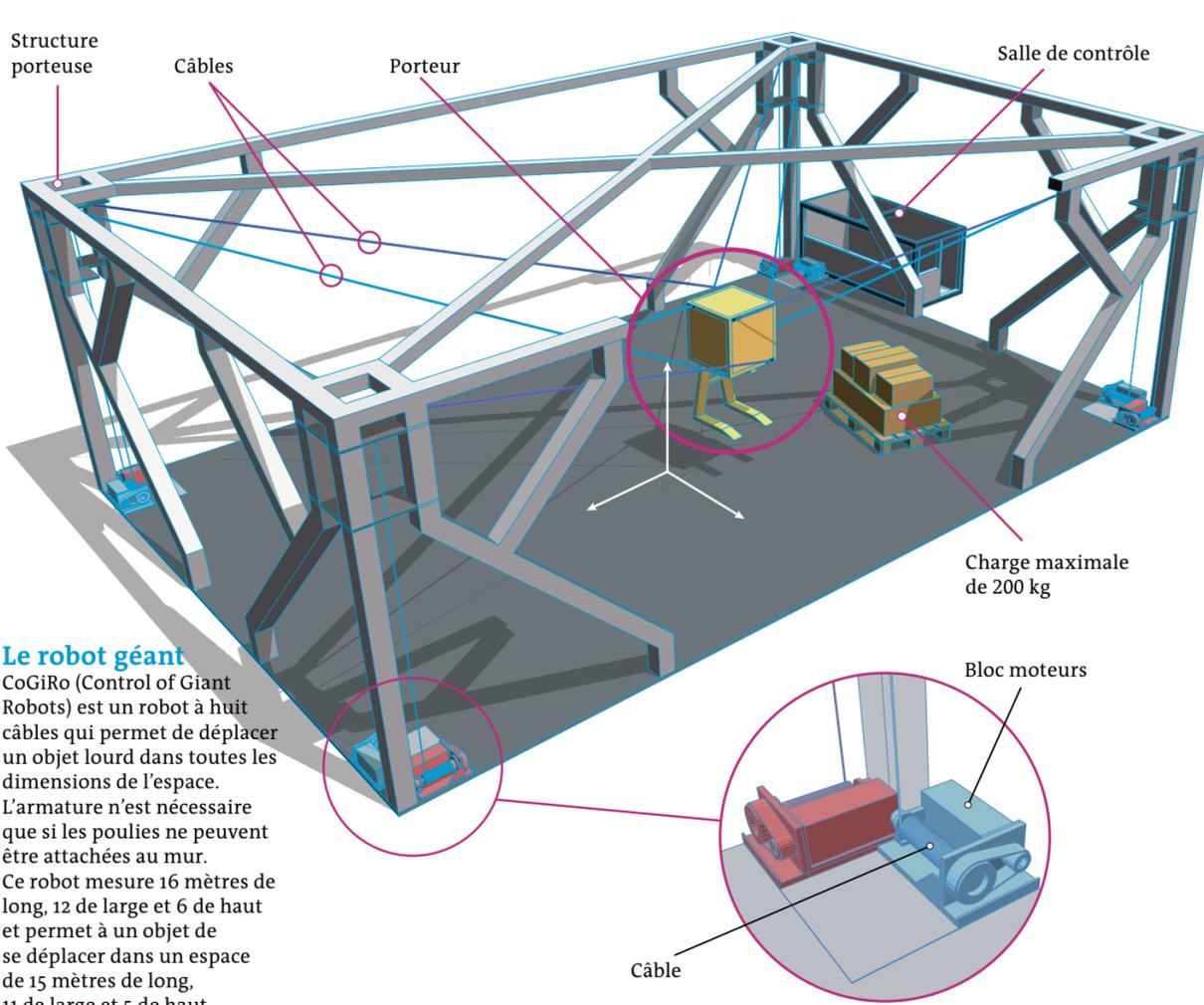
fermiers se sont plaints de voir les bruants s'attaquer davantage aux semences qu'aux insectes, mais il a fallu quinze ans aux sociétés d'acclimatation pour admettre leur erreur. »

Des erreurs « *hélas courantes* », indique Jessica Thévenot, chef du projet Espèces animales invasives au Muséum national d'histoire naturelle. Les chroniques insulaires regorgent de ces introductions animales malheureuses. Telle la mouche bleue, importée à La Réunion pour lutter contre la vigne marronne, et qui a privé les abeilles locales de leurs fleurs favorites. Ou le martin triste, censé s'attaquer aux sauterelles de Nouvelle-Calédonie ; comme le bruant, il a préféré fondre sur les cultures. Et que dire de la mésaventure survenue aux îles Kerguelen, où les marins, voulant disposer de nourriture sur ces terres de l'extrême Sud, ont introduit des lapins ? Soucieux d'en éviter la prolifération, ils y avaient ajouté des chats. Mais les félins se sont désintéressés des lapins pour décimer les pétrels.

Pavel Pipek raconte que pour vaincre le nouvel ennemi public numéro un, les Néozélandais lui ont trouvé... un prédateur, venu lui aussi d'Europe : la chouette chevêche. L'article ne dit pas ce qu'a fait l'oiseau, mais le bruant jaune chante toujours en Nouvelle-Zélande. ■

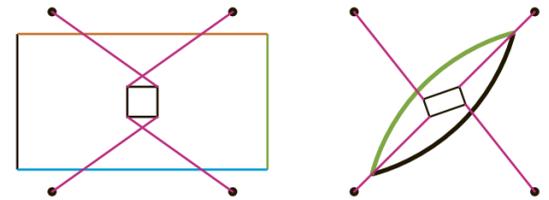
A Montpellier, des robots géants très câblés

Le déplacement des charges par ces automates est assuré par des filins plutôt que par des bras mécaniques



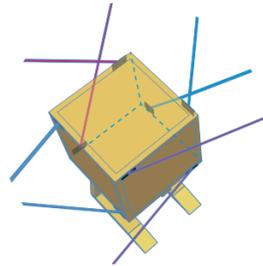
Le robot géant

CoGiRo (Control of Giant Robots) est un robot à huit câbles qui permet de déplacer un objet lourd dans toutes les dimensions de l'espace. L'armature n'est nécessaire que si les poulies ne peuvent être attachées au mur. Ce robot mesure 16 mètres de long, 12 de large et 6 de haut et permet à un objet de se déplacer dans un espace de 15 mètres de long, 11 de large et 5 de haut.



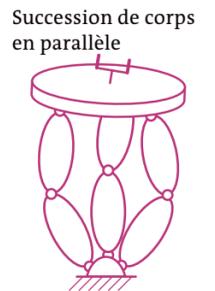
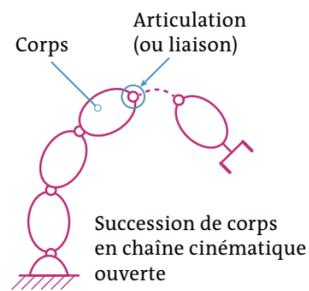
Les fixations

En modifiant la position des points d'attache, il est possible d'accroître la stabilité de l'objet à déplacer et d'augmenter de façon très importante l'espace dans lequel il va pouvoir évoluer.



Autres systèmes

Le bras robotisé est formé par une chaîne ouverte de segments motorisés qui se portent mutuellement, ce qui empêche ce robot de porter de lourdes charges. Les robots parallèles, dont ceux à câbles, sont une sous-catégorie, sont formés de bras parallèles, ce qui permet de mieux répartir des forces, de soulever des charges plus lourdes tout en étant plus précis.



INFOGRAPHIE : HENRI-OLIVIER

SOURCE : COGIRO

VIVIANE THIVENT

Montpellier, envoyée spéciale

Au rond-point, prendre la quatrième à droite », braille la voix de synthèse du téléphone portable de Marc Gouttefarde, chercheur au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier. « Notre robot a été déplacé en novembre, s'excuse-t-il. Et je n'ai pas eu le temps d'aller le voir avant. » D'où une succession de tours et détours dans la zone industrielle de Vendargues, près de Montpellier, à la recherche de CoGiRo (pour Control of Giant Robots), l'un des plus grands robots d'Europe puisqu'il fait 16 mètres de long, 12 de large et 6 de haut... quand il est déployé.

Car la particularité de ces robots, dits géants, est d'être principalement constitués de câbles. « Ils fonctionnent un peu comme des grues, sauf qu'au lieu d'être pourvus d'un seul câble, ils en ont au moins trois, ce qui permet de déplacer un objet dans l'espace », explique le chercheur. Ce type d'engin est par exemple utilisé depuis quelques années pour faire bouger des caméras au-dessus des stades. « Par rapport à un bras robotisé, ils couvrent de plus grandes distances et peuvent déplacer des objets très lourds rapidement », précise Marc Gouttefarde.

Parfois trop rapidement, si l'on en juge l'expérience malencontreuse de la chanteuse Pink, qui utilisait ce genre de robot pour voler au-dessus du public... jusqu'à un concert en Allemagne en 2010. « Un des câbles a été mal attaché. Du coup, elle est partie dans le décor », raconte le chercheur. Elle a ainsi appris à ses dépens l'une des caractéristiques constitutives des câbles : ils ne peuvent que tirer. « Cela paraît évident, mais c'est ce qui confère à ces robots toute leur complexité. »

Ce que confirme Jean-Pierre Merlet, chercheur à l'Inria Sophia Antipolis qui, en 2009, a construit Marionet Crane, un robot composé de six câbles destiné

aux sauvetages en milieu difficile. « Avec six câbles, on peut soulever un objet et le déplacer finement dans toutes les dimensions de l'espace formé entre le sol et les points d'attache. » Du moins en théorie. Car en jouant les marionnettistes, les chercheurs se sont vite aperçus qu'en certains endroits, l'objet transporté basculait subitement ou changeait de comportement... pour des raisons inconnues. C'est entre autres pour étudier ces phénomènes dits de singularité qu'a été construit CoGiRo.

Nous voici enfin arrivés dans un hangar flambant neuf. Marc Gouttefarde, le théoricien, et son collègue Pierre-Elie Hervé, l'esprit pratique, contemplant leur progéniture : une énorme structure métallique, en aluminium, au cœur de laquelle flotte un cube retenu comme en lévitation par

« Par rapport à un bras robotisé, ils couvrent de plus grandes distances »

MARC GOUTTEFARDE
chercheur

huit câbles. « Vous allez me dire : huit câbles, c'est deux de plus que nécessaire, commence Marc Gouttefarde. En fait, CoGiRo sert aussi de preuve de concept pour des applications industrielles. » Il pourrait par exemple permettre de déplacer une nacelle autour d'un avion, dans un entrepôt. « Du coup, il a été conçu pour un bâtiment constitué de quatre murs », poursuit Pierre-Elie Hervé. « Pour des raisons de symétrie, il était donc nécessaire de partir sur un principe de robot à huit câbles », conclut Marc Gouttefarde.

Dès 2009, les chercheurs ont commencé à étudier la façon optimale d'attacher les câbles sur l'objet afin d'améliorer l'amplitude des mouvements obtenus.

La réponse, peu intuitive, leur a été donnée par un logiciel fait maison qui simule toutes les configurations possibles. Ils ont ensuite confronté leur modèle à la réalité et observé quelques comportements divergents : les fameuses singularités.

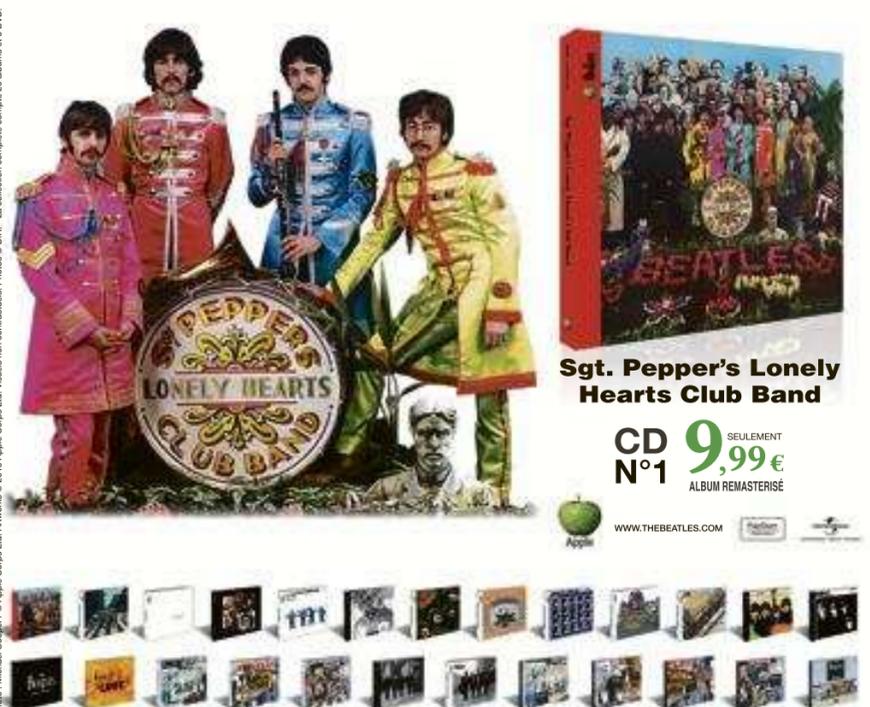
« Après étude, nous avons pu montrer que ces phénomènes avaient plusieurs origines », explique Jean-Pierre Merlet. D'abord, il arrive que les tensions des câbles changent brutalement, transformant en un clin d'œil des câbles non porteurs en porteurs. Ensuite, en certains points de l'espace, notamment en hauteur, la tension subie par le câble peut dépasser celle engendrée par le seul poids de l'objet soulevé. « Elle peut devenir infinie et causer la rupture du câble... ce qui est problématique. » Comme l'a brillamment démontré Pink.

Aussi, pour déplacer correctement un objet pesant avec un robot à câbles, il est nécessaire que l'ordinateur puisse contourner ou anticiper ces singularités. Ce qui n'est pas évident. De fait, si CoGiRo parvient à exécuter un parcours préprogrammé avec fluidité, il a tendance à trembler lorsque les commandes sont données en temps réel. « Il faut comprendre que, d'un point de vue mathématique, ces simulations sont très difficiles à réaliser, continue Jean-Pierre Merlet. Pour ne donner qu'un exemple, on peut démontrer qu'avec six câbles de même longueur, on obtient jusqu'à 40 positions différentes de l'objet. » Une assertion difficile à croire quand on est face à CoGiRo et qu'on essaie de pousser l'objet central sans parvenir à le faire bouger d'un millimètre.

Pour Marc Gouttefarde, « CoGiRo a permis de repousser les limites des singularités » et réduit les risques de survenue d'un quelconque effet Pink. Cela ouvre la porte aux applications industrielles dont certaines seraient déjà en route. Par exemple, en France et en Allemagne, des architectes songent à utiliser ces robots à câbles pour créer des imprimantes 3D géantes capables d'ériger des bâtiments. ■

THE BEATLES

DÉCOUVREZ TOUS LES ALBUMS ORIGINAUX DES BEATLES RÉUNIS DANS UNE COLLECTION INÉDITE



Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band

CD N°1 9,99€ SEULEMENT
ALBUM REMASTERISÉ

EN KIOSQUE ACTUELLEMENT

EN PARTENARIAT AVEC
RTL Le Monde Télérama