



« Rien sur nous sans nous. »
Ce mot d'ordre d'associations de malades qui font valoir leur expertise est plus que jamais d'actualité. Illustration avec les Entendeurs de voix et Dingdingdong.

PAGES 4-5

Les patients donnent de la voix

Le 17 décembre 2014, Anne, « entendeuse de voix », mime un dialogue lors d'un atelier au centre hospitalier de Lunéville (Meurthe-et-Moselle).
PASCAL BASTIEN/DIVERGENCE

Recherche L'emploi scientifique stagne

Les dernières statistiques montrent qu'en 2014 le nombre de chercheurs s'est stabilisé, et a même régressé de 1% dans le secteur public, plaçant la France au neuvième rang mondial.

PAGE 3



Cancer Gare à l'« adversité » durant l'enfance

Des stress chroniques subis avant l'âge de 16 ans accroissent les risques de développer précocement un cancer. « Une probabilité, pas une fatalité », insistent les auteurs de l'étude.

PAGE 2



Portrait Oussama Khatib rêve d'archéologues électriques

Le roboticien, après avoir révolutionné sa discipline, a mis au point Ocean One, humanoïde destiné à fouiller les épaves.

PAGE 8

Le stress chronique de l'enfance favoriserait le cancer

ÉPIDÉMIOLOGIE - Abandon, négligence, décès des parents... Les adversités subies durant l'enfance ont des conséquences à long terme : elles augmenteraient les risques de développer un cancer précoce ou de mourir avant 50 ans

Il s'agit de probabilité, pas de fatalité», insiste Michelle Kelly-Irving, épidémiologiste à l'Inserm de Toulouse. L'avertissement est utile au vu des résultats qu'elle et ses collaborateurs du laboratoire d'épidémiologie de Toulouse ont fait paraître entre 2013 et août 2016, après avoir étudié les parcours de vie de 17 000 Britanniques nés la même semaine en 1958. D'après leur analyse, les femmes ont 50 % de risques en plus de développer précocement un cancer (sein ou col de l'utérus) si, au cours de l'enfance, elles ont connu au moins deux « adversités », c'est-à-dire des stress chroniques engendrés par la mort, l'alcoolisme, la négligence ou encore l'abandon d'un parent. Elles ont aussi 80 % de risques en plus de mourir avant 50 ans, contre 57 % pour les hommes présentant le même passif. « Ce travail est très important, assure Bruce McEwen, de l'université Rockefeller, à New York. Il constitue une preuve supplémentaire que l'adversité au cours de l'enfance a des conséquences sur la santé et le parcours de l'adulte. »

« Dans les groupes socialement défavorisés, on invoque souvent des comportements à risque (tabac, alcool, obésité) pour expliquer la survenue plus fréquente de cancers, commente Cyrille Delpierre, coauteur des articles. Mais, en réalité, ces facteurs n'éclaircissent que 30 % à 40 % de ce gradient social de santé. » Les cadres vivant en moyenne sept ans de plus que les ouvriers, on complète alors souvent ce tableau en pointant l'influence du contexte professionnel ou des expositions environnementales. Des raccourcis périlleux puisque les cadres naissent plutôt dans des milieux nantis et les ouvriers plutôt dans des familles moins aisées. Au final, la pelote des causes et des effets n'est pas si simple à démêler et une partie de la population, les pauvres, est souvent stigmatisée. D'où le parti pris plus nuancé de Michelle Kelly-Irving, qui décortique les différentes caractéristiques des milieux sociaux et se focalise sur le vécu avant l'âge de 16 ans, lorsque le corps est particulièrement plastique et sensible.

Usure physiologique

Depuis les années 1980, des études pointent en effet l'influence sur la santé d'événements vécus durant l'enfance, voire *in utero*. Par exemple, en 1986, David Barker, de l'université de Southampton, au Royaume-Uni, a montré que les enfants britanniques nés avec un poids inférieur à 2 500 grammes avaient plus de risques de développer du diabète ou des maladies cardiovasculaires à l'âge adulte. Comment expliquer de telles répercussions ? « Barker a évoqué des troubles nutritionnels et développementaux, répond Michelle Kelly-Irving. Mais l'impact à long terme d'expositions précoces au stress chronique est aussi une piste d'exploration importante. »

« En cas de stress aigu, le corps répond par une décharge d'adrénaline et une production de cortisol pour se préparer au combat ou à la fuite, explique Cyrille Delpierre. Une fois en sécurité, il revient à un fonctionnement normal. » En revanche, si le stress perdure ou se répète, le corps n'a pas la possibilité de retrouver son état de base. Il doit s'adapter, ce qui peut avoir des conséquences sur le système immunitaire ou inflammatoire. « Or,

de nombreuses pathologies chroniques, y compris les cancers, sont liées à des défaillances ou dérèglements du système inflammatoire et immunitaire », reprend Michelle Kelly-Irving.

Pour mieux comprendre la nature du lien entre cancer et adversité, l'équipe a analysé les résultats de prélèvements sanguins réalisés lorsque les membres de la cohorte avaient 44 et 55 ans. Les résultats montrent que les individus ayant subi au moins deux stress chroniques avant l'âge de 16 ans présentent une usure physiologique, dite « charge allostatique », dont la signature diffère selon les sexes. Chez les hommes, elle est plutôt le fruit de comportements à risque (tabac, alcool), et chez les femmes, de problèmes de surpoids. « Ce qui est intéressant à relever ici, insiste Cyrille Delpierre, c'est que l'adversité précoce permet de prédire en partie la survenue de comportements à risque. Ce qui, du point de vue de la prévention, est une information cruciale. » En matière de tabac notamment, les campagnes de prévention ciblent plutôt des adultes, alors qu'elles seraient peut-être plus opérantes au sein de familles ayant connu des problèmes spécifiques.

Mais qu'entend-on exactement par « problèmes spécifiques » ? Dans l'analyse de la cohorte de 1958, les chercheurs ont considéré comme « adversité » la mort, l'alcoolisme, la négligence ou encore l'abandon par un des parents, des relations avec le milieu carcéral ou les services

de santé mentale, ou encore un dysfonctionnement au sein du ménage. Des épreuves qu'un quart des membres de la cohorte ont connues avant l'âge de 16 ans ; 8 % en ont subi au moins deux. Et en matière d'adversité, il s'agit là d'une fourchette basse, puisque « les questions posées à la cohorte de 1958 ne nous ont pas permis de considérer les abus sexuels », signale la chercheuse. L'étude d'autres cohortes permettra sans doute d'aller plus loin, même si les comparaisons restent délicates : « Chaque cohorte est influencée par l'histoire ou le protocole de collecte de données. De fait, elles sont difficiles à compiler. Il faut les voir comme des torches qui éclairent une partie du problème. »

Un problème de santé publique

Dernière brique en date de leur étude, fin août, les Toulousains ont publié des articles (dans *Psychoneuroendocrinology* et *Social Science and Medicine*) montrant que l'usure physiologique à 44 ans permet de prédire l'état de santé des individus à 55 ans. Pour autant, les chercheurs se refusent à tout déterminisme. « Il ne s'agit là que de facteurs de susceptibilité, non des prédictions à l'échelle individuelle. La majorité des personnes s'en sortent très bien malgré une enfance difficile. » En étudiant ces cas, Michelle Kelly-Irving espère d'ailleurs identifier les facteurs environnementaux permettant de contrer les effets de l'adver-

sité. « Il s'agit d'armer les professionnels de l'éducation, de la santé ou du social et de briser la chaîne des causes à effets. »

Car pour elle, ces stress chroniques relèvent bien d'un problème de santé publique. « Nombre de maladies gérées à grand renfort de médicaments pourraient découler d'une mauvaise gestion des stress chroniques survenus depuis l'enfance. On s'entête à soigner les symptômes sans vraiment s'attaquer au mal. » Et ce alors que des recherches suggèrent qu'une partie au moins des modifications physiologiques liées au stress chronique seraient réversibles. Reste à transformer ces connaissances en politiques publiques pour réduire les inégalités sociales de santé.

Dans un article paru le 22 août dans *JAMA Pediatrics*, Jack Shonkoff, de l'université Harvard, enjoint lui aussi aux pouvoirs publics de s'approprier les dernières découvertes pour limiter les conséquences à long terme de l'adversité. Son argumentaire tient en quatre points : les expériences vécues au cours de l'enfance affectent la santé, pas seulement l'apprentissage ; pour bien se développer, le cerveau a besoin de protection contre le stress, pas seulement d'enrichissement ; les adultes prenant soin des enfants dans l'adversité doivent être accompagnés ; enfin, dans les familles en difficulté, il faut intervenir tôt, y compris (voire surtout) de la période prénatale à l'âge de 3 ans. ■

VIVIANE THIVENT



Alexis Millet

Comment l'homme a domestiqué les levures de bière

GÉNOMIQUE - L'analyse des génomes de 157 souches de « *Saccharomyces cerevisiae* » a permis de retracer cette aventure évolutive

Etes-vous de ceux pour qui seule compte la première gorgée ? Ou savourez-vous le breuvage mousseux jusqu'au fond de la chope ? Dans les deux cas, vous faites partie de la confrérie des buveurs de bière. Voici donc une histoire pour vous. Publiée dans la revue *Cell* le 8 septembre, elle retrace l'aventure de la domestication de la levure, cette fidèle et prodigieuse amie du genre humain. Ce champignon microscopique assure la fabrication du pain levé, du vin, du saké, de la bière... L'invention de cette dernière est attribuée aux Mésopotamiens : ils auraient brassé ce breuvage il y a sept mille ans déjà. « L'arôme des bières dépend beaucoup des levures utilisées, souligne Kevin Verstrepen, de l'université catholique de Louvain (Belgique), principal auteur. Si nous buvons

aujourd'hui des bières d'excellente qualité, c'est parce que les maîtres brasseurs ont eu l'art de cultiver ces levures, avant même de savoir ce qu'ils faisaient. »

Saccharomyces cerevisiae : tel est le nom de ce micro-organisme unicellulaire. Dans un milieu dépourvu d'oxygène, il transforme les sucres végétaux (présents dans le blé, le raisin, l'orge...) en alcool et en gaz carbonique : c'est la fermentation alcoolique. A chaque gorgée de bière, vous avalez ces levures par centaines de millions, quand cette boisson n'est pas filtrée.

Le malt et le houblon sont, avec l'eau, les trois ingrédients de base de la bière. S'ils en sont la colonne vertébrale, la levure en est l'âme, disent certains. L'étude dans *Cell* en fournit une brillante démonstration. Les auteurs ont séquencé le génome de 157 souches de *S. ce-*

revisiae utilisées dans la production de bière (de type ale), de vin, de saké, de pain ou de bioéthanol, ou en laboratoire de recherche.

Un ancêtre du XVI^e siècle

Résultat : les souches de levure actuelles proviennent d'un petit nombre de souches ancestrales. L'originalité de ce travail est d'identifier trois groupes de levures de bière, qui s'ajoutent à deux groupes déjà connus de levures de vin et de levures de saké, en plus des souches sauvages. Les souches utilisées en Belgique et en Allemagne apparaissent ici proches les unes des autres, mais éloignées des souches employées au Royaume-Uni et aux États-Unis.

L'ancêtre commun des souches sauvages et actuelles de levures de bière daterait de la fin du XVI^e siècle. Soit bien avant la découverte,

par Louis Pasteur en 1857, du rôle de la levure dans la fermentation alcoolique. « Quand les maîtres brasseurs avaient une bonne fermentation, ils récoltaient le sédiment de levures et l'inoculaient dans le lot suivant, même s'ils ignoraient ce qui se trouvait dedans », explique Kevin Verstrepen.

Le génome des levures de bière actuelles présente des signes marqués de domestication. Ainsi, en condition de famine ou de stress, les levures sauvages ont une reproduction sexuée. Mais les levures actuelles, cultivées dans un environnement très favorable, ont perdu cette capacité. « Elles sont en grande partie devenues stériles », indique Kevin Verstrepen.

« Quatre siècles de domestication ont sélectionné des gènes associés à des caractères utiles en brasserie », ajoute Steven Maere, de l'uni-

versité de Gand, coauteur de l'étude. Par exemple, les levures de bière montrent une amplification du gène *AGT1*, impliqué dans le métabolisme des sucres typiquement fermentés dans la bière. A l'inverse, elles ont perdu l'aptitude à produire du 4-vinyl-gaïacol (4-VG), contrairement aux levures de vin. Le 4-VG est un arôme phénolique indésirable dans la bière, fabriqué par la plupart des levures sauvages. « La perte de cette aptitude confère aux levures de moins bonnes défenses ; c'est donc l'homme qui l'aurait sélectionnée », indique Jean-Luc Legras, de l'INRA, à Montpellier, qui salue dans cette étude un « joli travail ».

Exception notable : la bière allemande Hefeweizen possède un arôme fumé de clou de girofle et de coriandre. Elle est produite par une levure qui « a retrouvé les allé-

les sauvages des gènes produisant le 4-VG », explique Jean-Luc Legras.

Autre résultat saisissant : parmi les levures de bière, les divergences génomiques sont plus marquées qu'au sein des levures de vin. Elles évoluent donc plus vite que celles-ci. Pourquoi ? Leur recyclage favoriserait cette dérive génétique. En les multipliant dans une niche favorable, l'homme aurait sélectionné des mutations qui auraient été éliminées en milieu naturel. Par contraste, les levures de vin se multiplient dans les moûts de raisin sur de courtes périodes de temps. Le reste de l'année, elles survivent dans les vignobles ou l'intestin des insectes, milieux bien moins propices. Et seule une faible proportion d'entre elles sera réutilisée l'année suivante. ■

FLORENCE ROSIER

Coup de frein sur l'emploi des chercheurs

RECHERCHE - Ralentissement des recrutements, tarissement du vivier de doctorants, précarité en hausse... Le récent rapport du ministère révèle des signes inquiétants pour le secteur

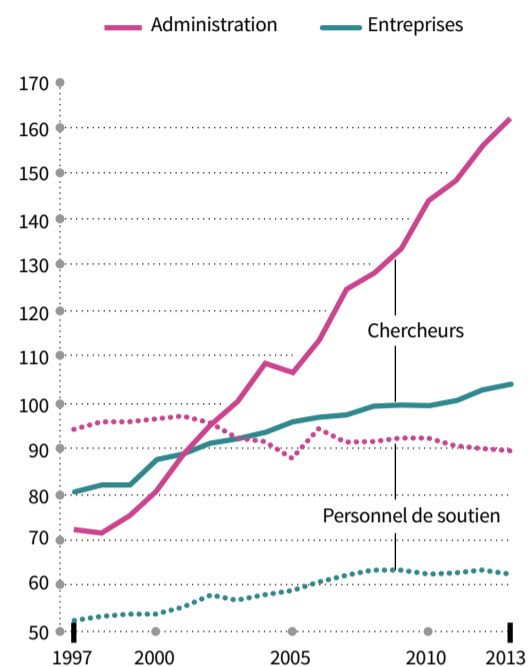
Dans les laboratoires, la dernière livraison du rapport «L'état de l'emploi scientifique en France», issu du service statistique du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, devrait être scrutée à la loupe. Se fondant sur les derniers chiffres disponibles, ceux de 2014, la publication montre que «après avoir augmenté de 2,1 % par an en moyenne entre 2000 et 2013, le volume de l'emploi scientifique [total] se stabilise en 2014». La même année, «au sein des principaux organismes de recherche [publique], l'emploi affecté à la recherche s'est contracté (environ -1 %)». «Ces évolutions (...) constituent les signaux d'un net ralentissement par rapport à la période 2009-2013», ajoutent les auteurs du rapport. De quoi donner raison aux récurrentes critiques de ces dernières années, pointant la dégradation des moyens humains et financiers des laboratoires.

D'autant que d'autres signaux inquiétants sont dévoilés par cet état des lieux mis en ligne lundi 12 septembre. Les effectifs de soutien à la recherche (ingénieurs d'études, techniciens, administratifs...) baissent aussi : dans le secteur public, de 0,2 % par an depuis 2009, pour atteindre 62354 personnes, et dans les entreprises, de 3 % par rapport à 2009, pour un effectif de 39560 personnes. Dans le secteur privé, qui représente 60 % de l'emploi scientifique en France (dont 161900 chercheurs) et est passé devant le public depuis le début des années 2000, «l'emploi total devrait être au final en léger repli en 2014», estime même le rapport. L'inversion d'une courbe qui était jusqu'alors sur un rythme de croissance annuel de plus de 4 %. Il est à noter que cette augmentation régulière n'a pas été accélérée par le dispositif de soutien à la recherche privée, le crédit impôt recherche, qui a atteint 5,7 milliards d'euros en 2013.

Des signaux positifs

Autre point mis en avant, le vivier de chercheurs s'étiole. Le nombre de doctorants français a baissé de plus de 10 % depuis 2007. Même le flux d'étrangers (42 % des doctorants) s'est tari depuis 2009. C'est d'autant plus inquiétant que ces étudiants représentent 11 % des personnels de recherche dans les

EFFECTIFS DES CHERCHEURS ET DU PERSONNEL DE SOUTIEN DES ADMINISTRATIONS ET ENTREPRISES, en milliers



organismes de recherche et plus de 30 % dans les universités.

Cette étude, qui puise ses informations auprès des directions des ressources humaines du ministère et de chaque organisme ainsi que dans l'«Enquête sur les moyens consacrés à la R&D dans les entreprises en 2015», montre aussi des signaux positifs. Si 28 % des thèses ne sont pas financées, ce qui oblige les étudiants à travailler par ailleurs ou à être bénévoles dans leur laboratoire, ce taux était de 33 % en 2011. L'étude révèle aussi que l'insertion professionnelle des docteurs de 2010 est meilleure que celle de leurs aînés, sauf en sciences de la vie. Les chercheurs étrangers, principalement européens, restent attirés par notre pays et représentent 25 % des recrutements de 2014 dans les principaux organismes de recherche.

Le potentiel scientifique français, et ses 266122 chercheurs équivalent temps plein, se maintient au neuvième rang mondial (rapportés à la population active).

Un dernier sujet est éclairé par le rapport : la précarité dans les laboratoires. La notion désigne à la fois les étudiants mal financés pour leur thèse, les vacataires de l'ensei-

gnement ou de la recherche, mais aussi la multiplication des contrats courts, qui conduisent souvent à une longue attente avant de décrocher un CDI. Le rapport évalue à 20 % ces emplois dans les organismes de recherche, hors doctorat. Il indique aussi un âge moyen de 34 ans, soit sept ans environ après la thèse, pour le recrutement de chargés de recherche ou de maîtres de conférences.

« Prestataires de services »

«Si l'emploi scientifique se stabilise en France, c'est par l'augmentation de la précarité», souligne Patrick Monfort, secrétaire général du Syndicat national des chercheurs scientifiques (SNCS). Selon l'étude, c'est effectivement vrai pour certains organismes de recherche et pour les universités dont la part des emplois non permanents est passée de 31,4 % à 34,6 % (entre 2008 et 2014). «Nous devenons ainsi progressivement des "prestataires de services" corvéables à merci et muselés dans leur colère», résumait dans une tribune au Monde le 16 juin Gabriel Bortzmeyer, un porte-parole du Collectif national des travailleurs précaires de l'enseignement supérieur et

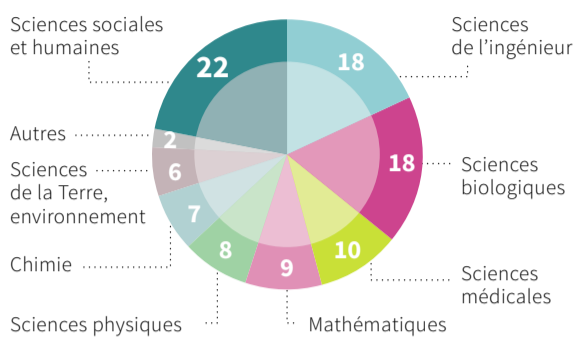
de la recherche, né lors des contestations de la loi travail.

L'association Sciences en marche, créée en 2014, a voulu aller au-delà de ces chiffres. La synthèse de son enquête auprès de plus de 5000 contractuels devrait paraître avant la fin de l'année. «Dans notre échantillon, les femmes sont majoritaires, indique son porte-parole, Patrick Lemaire. Nous avons été surpris de voir le grand nombre de contrats courts, inférieurs à un an.» Il note aussi que «la stabilité professionnelle favorise la natalité». Dans les répondants, les précaires ont des enfants plus tard que les permanents. Ces situations difficiles avaient déjà été soulignées par une autre étude de l'association auprès de 360 directeurs de laboratoire, qui souhaitaient «une augmentation des recrutements de titulaires et une amélioration des perspectives professionnelles pour les personnels contractuels». Y compris hors enseignement supérieur et recherche publique.

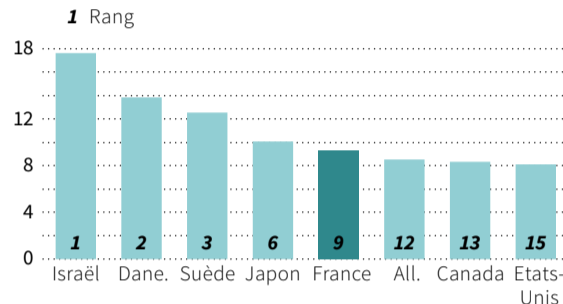
Les 850 millions d'euros supplémentaires annoncés en juillet pour le budget 2017 du ministère de la recherche répondront-ils à ces revendications ? ■

DAVID LAROUSSE

RÉPARTITION DES CHERCHEURS PAR DISCIPLINE, en %



NOMBRE DE CHERCHEURS POUR MILLE ACTIFS EN 2013



Source : L'Etat de l'emploi scientifique en France, rapport 2016

TÉLESCOPE

MÉDECINE

Statines : plus de bénéfices que d'effets secondaires

Une nouvelle analyse portant sur trente essais cliniques avec des statines (ayant inclus 140 000 personnes) conclut que les bénéfices de ces médicaments anticholestérol surpassent largement leurs effets indésirables. Selon l'étude de Rory Collins (université d'Oxford) et ses 27 collègues, une baisse du taux de LDL cholestérol de 2 mmol/l chez 10 000 sujets traités pendant cinq ans avec une statine permet de prévenir la survenue d'un accident cardiovasculaire majeur (infarctus ou accident vasculaire cérébral) chez environ 1000 individus ayant des antécédents cardiaques, et chez 500 individus avec des facteurs de risque. Trois types d'effets secondaires sévères sont décrits : atteintes musculaires (retrouvées chez 5 individus pour 10 000 traités pendant cinq ans), accident vasculaire cérébral (5 à 10 cas/10 000) et diabète (50 à 100 cas/10 000). Selon les auteurs, la majorité des problèmes de tolérance rapportés en routine ne sont pas liés aux statines. Ces résultats pourront-ils éteindre les polémiques récurrentes sur le rapport bénéfice/risque des statines ? La longue liste des liens d'intérêt des signataires de l'article risque de jouer en leur défaveur.

> Collins R. et al., The Lancet, 8 septembre.

ZOOLOGIE

Trois sous-espèces de girafes accèdent au rang d'espèce



En scrutant le génome des girafes, des chercheurs allemands de l'université Goethe de Francfort viennent de réaliser une découverte de taille : alors qu'on ne connaissait qu'une seule espèce de girafe, *Giraffa camelopardalis*, leur étude suggère qu'il en existerait en réalité quatre. En effet, les différences entre leurs séquences génétiques, résultat d'une absence de croisement depuis des millions d'années entre ces groupes, semblent beaucoup trop importantes pour ne distinguer que des sous-espèces. Une bonne nouvelle pour la diversité ? Pas si sûr : alors que jusqu'ici la girafe était considérée comme « préoccupation mineure » par l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), cette nouvelle classification montre qu'au moins trois des quatre espèces seraient menacées d'extinction.

(PHOTO : JEAN-FRANÇOIS MONIER/AFP)

> Fennessy et al., Current Biology, 8 septembre.

Les cheveux, futur indice policier ?

PROTÉOMIQUE - L'analyse du profil des protéines capillaires peut aider à identifier un individu

Peut-être que, dans l'avenir, il s'en faudra d'un cheveu pour confondre un coupable. Selon des travaux américains publiés le 7 septembre dans la revue *PLoS One*, l'analyse du profil des protéines dans un échantillon capillaire permet d'obtenir une signature d'un individu. Certes, cette approche protéomique est encore loin d'atteindre la fiabilité des tests ADN, mais elle pourrait ouvrir de nouvelles perspectives dans le domaine des sciences criminelles et de l'archéologie. En quelques décennies, les analyses d'empreintes génétiques sont devenues une technique majeure d'identification. Encore faut-il disposer de prélèvements exploitables, l'ADN se dégradant sous l'effet de facteurs d'environnement : température, humidité, germes...

Glendon Parker (université de la vallée de l'Utah, à Orem) et ses collègues se sont intéressés aux

protéines des cheveux, dont environ 300 sont connues. Les protéines sont chimiquement plus stables et plus résistantes dans l'environnement que l'ADN, justifient-ils. De plus, des variants individuels de l'ADN (polymorphismes) se retrouvent dans les protéines, puisque leur synthèse est commandée par cet acide nucléique.

Performances modestes

Les chercheurs ont mené leurs analyses sur trois échantillons de population : soixante Américains d'ascendance européenne, cinq Afro-Américains et cinq Kényans. Ils ont également étudié des cheveux provenant de collections archéologiques, appartenant à six individus ayant vécu en Angleterre aux XVIII^e et XIX^e siècles.

Une centaine de marqueurs protéiques pouvant aider à reconnaître une personne ont été identifiés. Les performances restent

toutefois modestes : chez les Américains d'ascendance européenne, le pouvoir maximal de discrimination de ces analyses est de 1/12 500, et il est plus faible chez les Africains. Des résultats incompatibles avec ceux des empreintes génétiques, qui permettent d'identifier une personne dans une population de 10 puissance 13 individus. «Avec l'identification basée sur les protéines, nous sommes au même niveau qu'avec le profilage ADN au tout début de son développement», note le chimiste Brad Hart, l'un des coauteurs de l'étude dans un communiqué.

«Cette méthode permet de faire des identifications humaines, mais peut aussi révéler quelle est l'ancienneté d'un prélèvement, et de quelle région il provient. C'est une découverte excitante, mais qui n'est pas encore prête à être utilisée devant les tribunaux», souligne de son côté Stefano Vanin (université

de Huddersfield, Royaume-Uni), qui n'a pas participé à l'étude, dans une tribune sur le site The Conversation. Selon ce biologiste, la tâche principale est maintenant d'accumuler des données sur les protéomes de cheveux partout sur la planète, afin de rendre les analyses beaucoup plus fiables. «C'est une voie de recherche intéressante, mais on est très loin d'une application en routine, tempère également le professeur Christian Doutremepuich, qui dirige le laboratoire d'hématologie médico-légale de Bordeaux. Il n'est pas prouvé que les protéines sont plus résistantes que l'ADN. Surtout, si cette technologie d'analyse protéique devait être utilisée, il faudrait qu'elle puisse l'être pour tous les prélèvements réalisés sur une scène de crime (taches de sang, sperme...), pas seulement pour les cheveux, sinon on ne peut pas comparer.» ■

SANDRINE CABUT

Dans l'interêt de la science

france

mathieu vidard
la tête au carré
14:00-15:00

avec, tous les mardis, la chronique de Pierre Barthélémy

Le Monde
science&médecine

Les patients, ces experts

Des groupes de malades, comme les entendeurs de voix et des personnes atteintes de la maladie de Huntington, militent pour la prise en compte, par le milieu médical, d'un savoir fondé sur le vécu. Ils brouillent les frontières entre normal et pathologique

CATHERINE MARY
TOURCOING (NORD) - envoyée spéciale

Maintenant, je suis capable de dire ce que je ne veux plus vivre. Je ne veux plus vivre avec les cachetons, j'essaie de vivre en temps réel avec mes émotions, on n'est pas fichu, on a des capacités», s'enthousiasme Gilles (son prénom a été changé), le visage tendu par l'énergie du témoignage. Assis autour de la même table, les autres membres du groupe d'entendeurs de voix l'écoutent attentivement, l'air hébété pour certains, soulagés pour d'autres, d'être enfin parvenus à composer avec les voix qu'ils entendent. Gilles raconte ses tentatives désespérées pour construire une famille idéale, puis les hallucinations, des sensations de rats lui mordant les bras et les années de son parcours en psychiatrie, avachi et dégradé par la maladie mentale et les neuroleptiques. Depuis sa rencontre avec le Réseau français sur l'entente de voix (REV), une association d'entraide entre personnes concernées par cette pathologie, il a pu enfin donner du sens à ses hallucinations et relier leur survenue à ses traumatismes «*de quand [il] était p'tiot*» pour pouvoir recommencer à vivre. Même si, à 52 ans, il ne sait pas «*s'il [lui] reste beaucoup d'années à vivre, mais ça vaut quand même la peine*». Laure (son prénom aussi a été changé), elle, est parvenue à sortir de la confusion pour admettre, le visage terrorisé, que oui, quand elle écoute de la musique, ces voix qui lui ordonnent parfois de tuer se taisent.

Tous les quinze jours, les entendeurs de voix se réunissent ici, dans cette ancienne maison de maître de Tourcoing, dans la métropole lilloise, mise à leur disposition par l'ABEJ, une association de réinsertion pour personnes sans domicile fixe. Ils tentent, aidés par l'écoute bienveillante de leurs pairs, de donner du sens à ces voix qui ont brisé leur vie et de se rétablir. «*Ici, chacun doit se sentir libre de parler de ses voix sans craindre d'être jugé. On peut quitter le groupe et n'importe quel moment, l'essentiel étant de s'y sentir respecté*», insiste Vincent Demassiet, le président du REV, qui ce jour-là facilite le déroulement de la

réunion. «*Nous en sommes à des stades divers de notre parcours de rétablissement mais chacun de nous, à son niveau, peut s'appuyer sur son expérience*», précise cet ancien schizophrène.

Malades et soignants s'enthousiasment pour le REV, né aux Pays-Bas en 1988, dont les groupes se développent en France, avec le soutien de l'institution psychiatrique. Il s'agit pour ses membres non plus de guérir au sens médical du terme, mais de se rétablir, en prenant le dessus sur la maladie de manière à vivre avec et à reconstruire une vie sociale, affective et professionnelle. Avec, au centre de cette démarche, le patient, qui, par l'expérience de sa maladie, a acquis une connaissance qu'il peut partager au sein de groupe d'entraide. L'enjeu? Rendre supportable la présence des voix.

«Vecteur de liberté»

Inaugurée aux Etats-Unis dans les années 1930 avec le mouvement des Alcooliques anonymes, des groupes d'entraide entre personnes souhaitant se délivrer de leur dépendance à l'alcool, cette démarche s'est ensuite affirmée dans les années 1980 au sein d'associations de lutte contre le sida telles qu'Aides ou Act Up. Militant contre la discrimination et pour l'accès aux traitements et à la prévention, les patients sont alors parvenus à faire reconnaître leur expertise auprès de l'institution médicale et des pouvoirs publics et à s'imposer en tant qu'acteurs des politiques de santé. Au cours des trente dernières années, cette démarche a essaimé pour s'appliquer à d'autres maladies chroniques telles que les cancers, le diabète, les maladies rénales ou encore la polyarthrite rhumatoïde, dans une posture plus ou moins militante. Comme l'association Renaloo, créée en 2008 par une patiente greffée du rein, qui lutte pour faire reconnaître auprès du monde médical et des autorités de santé les souffrances endurées par les patients et améliorer leur prise en charge et leur qualité de vie.

«*Ce qui me semble intéressant avec des mouvements comme le REV, c'est la réappropriation de cette mobilisation historique, amorcée avec les Alcooliques anonymes, qui consiste à faire d'une expérience individuelle une expertise collective.*

C'est vecteur de liberté, d'émancipation et de solidarité», souligne Christian Saout, secrétaire général délégué du Collectif interassociatif sur la santé (CISS), qui fut également président de l'association Aides de 1998 à 2007. «*Ces mouvements d'autodétermination nous serviront si la normalisation des comportements par le numérique se confirme*», poursuit-il, en s'inquiétant de la tendance à surveiller le comportement des patients, par exemple en suivant leur observance des traitements.

En revendiquant une expertise sur l'entente des voix, le REV, qui reprend la devise «*Rien sur nous sans nous*», lancée dans les années 1990 par des mouvements militant pour les droits des personnes handicapées, vient ébranler un des dogmes de la psychiatrie contemporaine. «*Avec les entendeurs de voix, il se produit un changement de paradigme très intéressant, car en psychiatrie l'entente des voix est considérée comme très pathologique. C'est le prototype de la folie, s'enthousiasme le psychiatre et psychanalyste Patrick Landman. Le REV est une forme de révolution. A l'expertise psychiatrique, il associe l'expertise d'expérience, alors que dans la clinique traditionnelle le savoir est uniquement du côté du clinicien.*» «*On s'est aperçu que l'entente des voix concernait une proportion importante de la population et que les hallucinations étaient un des phénomènes très répandus qui pouvaient survenir chez n'importe qui dans des conditions extrêmes, comme le manque d'oxygène*», explique le psychiatre Charles Bonsack, du Centre hospitalier universitaire vaudois, en Suisse. «*Ce qui est important, ce n'est plus tant l'entente des voix que l'impact qu'elles ont sur la personne*», poursuit-il.

«*Je préfère utiliser le terme d'expérience hallucinatoire plutôt que celui de symptômes, avant d'avoir pu établir un diagnostic*», renchérit Renaud Jardri, pédopsychiatre au Centre hospitalier régional universitaire de Lille et auteur d'un ouvrage récent sur les psychothérapies des hallucinations. «*Une hallucination peut avoir plusieurs origines, et on les retrouve même dans certaines maladies métaboliques*», précise-t-il à son tour en insistant sur la nécessité de reconsidérer l'entente des voix non plus comme un phénomène systématiquement pathologique, mais comme l'expression d'une expérience singulière, méritant d'être mieux comprise. Selon lui, l'approche développée par les entendeurs de voix est bénéfique à condition d'être positionnée, comme c'est le cas en France, en complémentarité des autres approches thérapeutiques apportées par l'institution psychiatrique. Dans d'autres pays, comme le Royaume-Uni ou les Pays-Bas, les entendeurs de voix se positionnent parfois dans l'antipsychiatrie, avec le risque pour les patients nécessitant une prise en charge précoce d'en être exclus

et de voir leur pathologie s'aggraver. «*Il faut allier deux types d'expertise, insiste le pédopsychiatre. L'expertise par le savoir, qui est détenue par les professionnels de santé, et l'expertise par l'expérience des patients. C'est à nous, les médecins, de faire notre autocritique et de rompre avec le mandarinat. Et il faut aussi que le patient ne tombe pas dans le piège inverse. Si on reste dans cette perspective, ça peut être très positif.*»

Certaines psychoses associées à l'entente des voix, comme la schizophrénie, sont difficiles à diagnostiquer. En l'absence de connaissances sur l'origine de ces maladies, le psychiatre ne se fie qu'au tableau clinique, sans pouvoir étayer son diagnostic par des analyses biologiques ou par l'imagerie médicale. Les frontières de la maladie sont donc sujettes à évolution en fonction des symptômes sur lesquels la psychiatrie fonde son diagnostic. Au cours des dernières années, sous l'influence du *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (DSM), ouvrage de psychiatrie de référence aux Etats-Unis, l'accent a été mis sur l'hallucination pour définir la schizophrénie, quitte à la surdiagnostiquer. Les voix notamment sont entendues comme réelles par les patients, ce qui, dans certains cas, les conduit à agir sous leurs ordres et à les rendre agressifs envers eux-mêmes ou leur entourage. La contention physique, par les sangles et la camisole, ou chimique, par la prise de neuroleptiques, s'avère souvent le seul recours en période de crise.

Effets secondaires

Héritée du modèle asilaire qui s'était imposé en Europe au XIX^e siècle, la contention contribue pourtant, comme d'autres mesures telles que le port du pyjama, à la stigmatisation et à la déshumanisation du patient. Remis en question dans les années 1970 par le mouvement de la psychothérapie institutionnelle, visant à supprimer le rapport hiérarchique entre le patient et le psychiatre en faisant notamment «*tomber la blouse*», ce modèle coercitif n'a pourtant pas disparu. Il persiste dans les murs de l'hôpital, aux côtés d'autres approches comme la psychothérapie, aussi pratiquée hors les murs dans les centres médico-psychologiques implantés en ville.

Bien qu'ils aient contribué à la socialisation des malades mentaux depuis l'après-guerre et qu'ils soient utiles dans le cadre d'une prise en charge globale du patient, les antipsychotiques posent également problème. S'ils limitent, dans plus de 70 % des cas, l'impact des voix sur la personne, ils ne les suppriment pas, et leur mode d'action reste mal connu. Prescrits à forte dose, ils impliquent des effets secondaires, dont l'inhibition des émotions, la prise de poids, la baisse de la libido et l'impuissance. D'où les critiques récurrentes sur le caractère souvent déshumanisant de la prise en

Les voix en images

Les études en neuro-imagerie médicale permettent de mieux comprendre ce qui se passe dans le cerveau lors de l'entente des voix. Une analyse de l'ensemble de la bibliographie publiée sur ce sujet et menée en 2011 par l'équipe de Renaud Jardri, pédopsychiatre au Centre hospitalier régional universitaire de Lille, a conclu que chez les personnes ayant des hallucinations, l'aire cérébrale correspondant au type d'hallucination est activée. L'entente des voix est notamment associée à l'activation de réseaux de neurones dans l'aire cérébrale du langage, confirmant que ces patients entendent les voix comme réelles et qu'ils n'affabulent pas. Outre la connaissance scientifique du phénomène, ces études contribuent aussi à la déstigmatisation des patients.



DANS
LES PAS
D'OLIVER
SACKS

charge psychiatrique. « Il faut qu'on fasse des progrès à propos de la stigmatisation. C'est une question fondamentale car ce qui fait le plus mal, c'est le regard qui est posé sur le patient qui arrive en crise à l'hôpital », reconnaît ainsi le psychiatre Erwan Le Duigou, de l'unité de psychologie médicale pour adultes de Lunéville (Meurthe-et-Moselle). « Ce qui est en jeu, c'est la reconnaissance de la valeur humaine de la folie », souligne quant à elle Camille, adhérente d'HumaPsy, une association de patients militant pour une humanisation de la psychiatrie et s'érigeant, comme le REV, contre le pouvoir médical. « On ne peut pas prétendre soigner les gens en leur imposant des traitements sans les écouter. Retisser du lien avec l'humanité, c'est ça revenir de la folie », insiste-t-elle.

D'où l'essor des groupes d'entraide mutuelle (GEM), en marge de l'institution psychiatrique, fondés sur l'entraide entre les patients. Ces GEM, destinés à favoriser la déstigmatisation des patients et leur intégration à la société, sont d'autant plus bienvenus qu'ils font aussi miroiter la possibilité, en période de crise économique, de soigner à moindres frais. Il n'est pas rare non plus que les patients soient instrumentalisés par l'industrie pharmaceutique pour faire la promotion de ses médicaments. « Si les patients se soignent entre eux, ça ne coûte pas cher. Il y a une récupération possible de cette tendance, qui crée quelque chose à l'opposé de l'émancipation », remarque ainsi Camille.

Dans ce contexte aux enjeux multiples, le REV, affilié au mouvement international Hearing Voices, déjà implanté dans plusieurs pays anglo-saxons, n'hésite pas à bousculer la frontière entre le normal et le pathologique en considérant l'entente de voix non plus comme pathologique, mais comme une singularité avec laquelle il est possible de mener sa propre vie. Il propose ainsi des consultations au cours desquelles une personne peut définir à l'aide d'un questionnaire les caractéristiques des voix qu'elle entend, en se fondant notamment sur leur sexe et leur tempérament, le contexte de leur survenue et leurs liens avec d'éventuels traumatismes.

Chaque voix est ainsi caractérisée finement de manière à être apprivoisée. Lors de ses premières participations au groupe des entendeurs de voix en 2011, Vincent Demassiet a pu reconnaître cinq voix parmi celles qui lui parlaient, dont l'une, venant toujours d'un endroit situé en haut et à droite de son visage, pour lui ordonner d'agresser son entourage. En les considérant comme des interlocuteurs avec lesquels il devenait possible d'interagir, il est parvenu à contrôler leurs effets sur lui, et à réduire progressivement, en accord avec son psychiatre, son traitement à base de neuroleptiques. « C'est intéressant, les groupes ont vraiment une portée. Mais il faut passer à

l'étape suivante, en évaluant l'efficacité de la méthode pour ne pas tomber dans la croyance et dans les querelles de clocher comme cela a déjà été le cas avec les techniques de psychothérapie », conclut Renaud Jardri.

Autre représentant de l'autodétermination, le collectif Dingdingdong met en place un dispositif de production de connaissances fondées sur des témoignages de personnes atteintes d'une pathologie définie comme neurodégénérative, la maladie de Huntington. « Le savoir médical est indispensable, mais il s'agit pour nous d'attirer l'attention de la médecine sur le fait qu'il existe d'autres formes de savoirs, afin de pouvoir créer des alliances entre ces savoirs », précise la sociologue Valérie Pihet, qui a cofondé Dingdingdong avec l'écrivaine Alice Rivières.

Représentation terrifiante de la maladie

Associant des troubles cognitifs et moteurs à l'origine de mouvements incontrôlés à l'aspect dansant, la maladie de Huntington est une maladie génétique, évoluant en plusieurs années vers une perte d'autonomie aboutissant à la mort. Depuis l'identification en 1993 de la mutation en cause, un simple test génétique permet d'en détecter la présence. La personne porteuse apprend alors qu'elle va développer la maladie, dont les premiers symptômes apparaissent entre 35 et 50 ans, en ayant déjà l'expérience, s'agissant d'une maladie familiale, de sa survenue chez ses proches. Elle peut alors se sentir envahie par la représentation terrifiante de la maladie, au point de ne plus pouvoir envisager son avenir autrement qu'à travers le prisme de la définition médicale. S'appuyant sur ce constat, le collectif Dingdingdong veut élaborer, aux côtés de la version médicale de la maladie de Huntington, d'autres versions avec lesquelles il deviendrait possible de vivre. « Quand un acte diagnostique a ce pouvoir de mettre radicalement en question l'existence de ceux qui s'y soumettent, il devient nécessaire de développer les outils et techniques qui permettront aux personnes impliquées – et je soutiens que cela ne veut pas seulement dire les praticiens mais aussi les patients eux-mêmes – d'endosser ensemble la responsabilité qui va avec ce pouvoir », relève ainsi la philosophe et historienne Katrin Solhdju dans son ouvrage *L'Épreuve du savoir* (Éditions Dingdingdong, 2015).

D'où l'implication, aux côtés des patients et des médecins, de philosophes, d'artistes ou encore de sociologues, sollicités par le collectif pour penser ensemble la maladie. « L'objectif de Dingdingdong est d'explorer la maladie de Huntington, que nous considérons comme un univers encore en partie inconnu, en forgeant chemin faisant des outils d'enquête et narratifs adaptés », précise ainsi le rapport « Composer avec

« ON NE PEUT PAS
PRÉTENDRE SOIGNER
LES GENS EN LEUR
IMPOSANT DES TRAITEMENTS
SANS LES ÉCOUTER »CAMILLE
ADHÉRENTE D'HUMAPSY

Huntington », publié en 2015, qui vient de recevoir le Prix de la recherche appliquée du Comité national coordination action handicap (CCAH), une association regroupant l'ensemble des acteurs français autour du handicap.

Ce rapport livre les premiers enseignements d'une enquête menée durant trois ans auprès de patients et de leurs proches pour recenser les ressources et les stratégies mobilisées pour faire face à l'annonce du diagnostic, à la survenue des premiers symptômes et à leur installation. Rompant avec l'objectivité de la description clinique des symptômes, les auteurs racontent, sous forme de récits détaillés, ce qu'ils appellent des « expéditions fictives ». « Le savoir dont il s'agit ici est celui qui est tiré de l'expérience, et donc fondamentalement enraciné dans une situation. C'est d'ailleurs pourquoi nous parlons volontiers, à Dingdingdong, en termes de milieux pour appréhender les situations », précise Emilie Hermant, l'une des auteures du rapport et cofondatrice du collectif. Pour Daniel, par exemple, dont la femme a développé les premiers symptômes de la maladie sans savoir qu'elle était atteinte, il s'agissait à la fois de réorganiser la vie quotidienne en prenant en compte les nouvelles contraintes induites par la maladie, mais aussi de veiller au maintien des liens tant au sein de la famille qu'avec le monde extérieur.

À l'issue de ce travail, les auteurs s'interrogent sur des notions communément admises par la neurologie, telles que celle d'anosognosie, utilisée pour qualifier ce qu'elle considère comme une perte de conscience par les patients de leur maladie. « A Dingdingdong, on se rend compte que ces termes, s'ils ne sont pas faux, sont réducteurs et ne traduisent pas la complexité de la réalité », précise la sociologue Valérie Pihet. Les mots ont leurs effets. On ne raconte pas la même histoire suivant la manière dont ont dit les choses. » ■

» Le Monde Festival abordera la question des patients experts lors d'une table ronde animée par Pascale Santi, dimanche 18 septembre, de 13 h 30 à 15 heures, dans l'amphithéâtre de l'Opéra Bastille. Renseignements et inscription : www.lemonde.fr/festival

Convaincu que la maladie ne peut pas se limiter à une description objective, le neurologue Oliver Sacks, mort en 2015, s'est servi du récit pour décrire ses expéditions en « terres neurologiques ». Sa démarche inspire patients, scientifiques et créateurs. Dans *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, il rassemble ainsi une série de nouvelles, inspirées des visites qu'il faisait à ses patients, afin de comprendre comment ils vivaient avec leur maladie. Assumant une posture d'empathie, il observait finement les mécanismes de compensation que certains d'entre eux avaient su mettre en place. Dans la nouvelle qui a donné son nom à ce recueil, Oliver Sacks raconte sa visite à un musicien new-yorkais ayant perdu la faculté de reconnaître les formes et les visages. Intrigué par la capacité de ce patient à mener sa vie quotidienne malgré l'importance de ses troubles, il révèle, au fil du récit, comment le musicien parvient à les compenser, à l'aide de rites impliquant des partitions musicales. Oliver Sacks raconte lui-même, dans un récit intitulé *Sur une jambe*, comment, se retrouvant dans la position du malade, à la suite d'un grave accident, il avait retrouvé la sensation perdue de sa jambe grâce au *Concerto pour violon et orchestre en mi mineur* de Felix Mendelssohn.

« Devenir singulière »

« Sacks m'a montré une voie en me disant que j'allais faire quelque chose de cette expérience », raconte l'écrivaine Alice Rivières, du collectif Dingdingdong, à propos de sa vie qui a suivi l'annonce du diagnostic génétique prédisant la survenue de la maladie de Huntington. « Je croyais que j'allais devenir folle et Sacks me disait, non, tu vas devenir singulière », poursuit-elle. Lectrice d'Oliver Sacks de longue date, elle reconnaît avoir puisé dans son œuvre une des inspirations pour la création du collectif Dingdingdong.

« Sacks va au-delà de la froideur de la description objective. Il décrit des personnes en souffrance, mais en même temps des personnes qui ont encore des capacités. Dans *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, ce qui est frappant, c'est qu'il montre aussi la grandeur passée de ce patient », commente Alan Pegna, responsable du Laboratoire de neuropsychologie expérimentale de l'université de Genève. Sa collaboration avec le metteur en scène Dominique Pitoiset a abouti à la création, à l'automne 2015, à Bonlieu-Scène nationale d'Annecy, du *Syndrome d'Alice*, une série de saynètes inspirées de troubles neurologiques.

« La dimension humaniste de la relation à l'autre dans l'approche d'Oliver Sacks est à mon sens une vraie richesse. Elle a quelque chose de rassurant. Il ne s'agit pas seulement de déficit neurologique, mais surtout de singularité, de différence », commente Dominique Pitoiset, qui a par ailleurs récemment mis en scène *L'homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, coproduction de Bonlieu et de l'Opéra de Lyon. « Je me demande si nous ne sommes pas tous faits de ce même moule incomplet, dans un état où une infinité de lésions se compensent et se reconstruisent. Je crois que, plus la connaissance sur ces différents états de la conscience avancera, et plus nous retrouverons un peu les lumières que nous avons perdues. » ■

C. MY



Des entendeurs de voix, lors d'un atelier de mime de dialogues avec les voix, organisé au centre hospitalier de Lunéville (Meurthe-et-Moselle). PASCAL BASTIEN/DIVERGENCE

LE LIVRE

Les héros du handisport

Comment sont-ils parvenus à de telles performances ? Un psychologue a mené l'enquête auprès de sportifs de haut niveau handicapés

SANDRINE CABUT

Jusqu'au 18 septembre, le handisport est sous les feux de la rampe avec les Jeux paralympiques de Rio. Comment des champions comme Marie-Amélie Le Fur et Timothée Adolphe (athlétisme) ou Sandrine Aurières-Martinet (judo), trois des 126 sportifs que compte la délégation française au Brésil, sont-ils parvenus à de tels niveaux de performance compte tenu de leur handicap ? En quoi le sport leur a-t-il permis de devenir résilients ? Pour répondre à ces questions et à bien d'autres, le psychologue Hubert Ripoll, ex-président de la Société française de psychologie du sport, a interrogé 24 sportifs de haut niveau dans différentes disciplines, atteints de handicaps de naissance ou acquis, physiques ou sensoriels.

« Je me suis toujours demandé pourquoi certaines personnes handicapées se dressent pour atteindre des étoiles alors que d'autres, valides, ne peuvent seulement imaginer qu'elles existent », justifie l'auteur, dans la préface de son ouvrage *La Résilience par le sport*. Au fil des entretiens avec ces champions d'exception, il a cerné « leur personnalité, leurs motivations, leurs valeurs, leur environnement familial ou en centre de soins, leurs rencontres fondatrices, la façon dont s'est effectuée leur première relation avec le sport, leurs échecs et leurs victoires, les trajectoires accomplies pour faire "quelque chose" d'important de leur handicap ».

Maîtrise et accomplissement

Les résultats de son enquête sont passionnants. Premier constat, ces personnes ont en commun d'avoir été accompagnées, le plus souvent par leurs parents, quelquefois par des substituts. « Il faut voir en cela la principale source de leur résilience, confirmant le propos de Boris Cyrulnik, selon qui aucun enfant ne peut devenir résilient seul mais doit trouver autour de lui une bulle affective », souligne Hubert Ripoll. Autre découverte, les sportifs handicapés, généralement orientés vers des buts de maîtrise et d'accomplissement plutôt que de satisfaction de leur ego, résistent mieux à la pression que beaucoup de leurs homologues valides.

« L'objectif, c'est de me dépasser moi-même (...). Je considère plus mes concurrentes comme des compagnes de jeu, car, sans elles, je n'existe pas (...). Je n'ai pas besoin d'être supérieure à l'autre et le dominer pour m'accomplir », raconte ainsi Nathalie Benoit, championne d'aviron, atteinte de sclérose en plaques. Des enseignements que les sportifs valides et plus encore leurs entraîneurs et coaches devraient prendre en considération, suggère M. Ripoll. Il montre aussi que les champions handicapés sont plus robustes « pour faire face à la victoire et à son cortège de contraintes sociales ». Des messages d'espoir pour les 12 millions de Français concernés par un handicap, dont un tiers pratiquent un sport. Et, pour tous, une belle leçon de sportivité et surtout de vie. ■

La Résilience par le sport, de Hubert Ripoll (Odile Jacob, 150 p., 19,90 €)

LIVRAISON

« La Femme qui prenait son mari pour un chapeau »

Fiamma Luzzati fait un joli clin d'œil à *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau* (1985), d'Oliver Sacks, en s'attaquant aux neurosciences en bande dessinée. Déjà publié sur le blog « L'Avventura » du Monde.fr, ce « voyage au pays du cerveau » est désormais disponible en version imprimée. L'occasion de découvrir ou de redécouvrir l'univers singulier de cette auteure italienne vivant à Paris, et son talent pour expliquer les maladies du cerveau avec humour, tendresse et sans lâcher la rigueur scientifique.

> Delcourt, 254 pages, 19,99 euros.

LE PITON DE LA FOURNAISE S'EST RÉVEILLÉ

Le piton de la Fournaise, le volcan de La Réunion, est entré en éruption, dimanche 11 septembre, pour la deuxième fois de l'année, a annoncé l'Observatoire volcanologique du piton de la Fournaise (OVVF). L'éruption s'est produite à 8h41, heure locale (06h41 à Paris), dans la caldeira centrale du volcan, située dans une zone totalement inhabitée du sud-est de l'île, et ne présente aucun danger pour la population. « Tout au long de la nuit, nous avons observé une augmentation de l'activité sismique, largement supérieure à celle observée les jours précédents. C'est peu après 7 heures que tout s'est accéléré », a indiqué Philippe Kowalski, directeur adjoint de l'OVVF, à l'AFP. Il a précisé que l'éruption avait eu lieu dans une zone où les phénomènes éruptifs sont habituellement de courte durée. Le volcan est entré en éruption une quinzaine de fois au cours des dix dernières années, un spectacle très prisé des Réunionnais. RICHARD BOUHET/AFP



IMPROBABLOGIE

POURQUOI ON NE RECONNAÎT PAS SUPERMAN EN CLARK KENT

Par PIERRE BARTHÉLÉMY

C'était énervant. Dans le film *Superman* de 1978, où Christopher Reeve interprétait le super-héros à slip rouge (taille haute), cette nuuche de Lois Lane s'avérait incapable de reconnaître Superman en Clark Kent, son collègue journaliste du *Daily Planet*. On avait beau lui crier à travers l'écran « Regarde, ça crève les yeux que c'est le même bonhomme ! », rien à faire, elle semblait frappée de prosopagnosie, ce trouble qui empêche d'identifier les visages. Bien sûr, Christopher Reeve, avec un talent aussi grand que le slip de Superman (oui, c'est obsédant qu'on puisse faire une carrière de super-héros en portant ses sous-vêtements par-dessus sa combinaison moule-truc), modifiait substantiellement son apparence quand il jouait Clark Kent – costume fadasse, chapeau vieux jeu, silhouette voûtée, voix haut perchée, aucune assurance – mais cela n'expliquait pas cet aveuglement... Comment diable fait Superman pour ne pas être percé à jour ?

Et si tout était dans les lunettes dont s'affuble mister Kent quand il ne sauve pas le monde ? C'est la question que viennent sérieusement de poser deux

psychologues de l'université de York (Royaume-Uni) dans une étude publiée le 21 août par la revue *Applied Cognitive Psychology*. Les yeux, soulignent-ils, sont un élément important pour la reconnaissance : toute altération de cette zone du visage affaiblit la performance dans ce domaine. Le truc est connu des vedettes qui se cachent derrière des lunettes noires quand elles vont acheter du papier toilette au supermarché du coin. Mais le stratagème fonctionne-t-il aussi quand on porte des verres transparents comme Clark Kent ?

Afin de le savoir, ce duo de chercheurs a imaginé une expérience simple. Ils ont d'abord sélectionné, pour 48 « modèles », six photographies : deux avec lunettes, deux sans, plus deux clichés (un avec lunettes, un sans) de « doublures », c'est-à-dire des personnes ayant les mêmes caractéristiques faciales. Puis ils ont effectué toutes les combinaisons possibles avec ces jeux d'images : le modèle deux fois avec des lunettes, deux fois sans, une fois avec et une fois sans, avec sosie binoclar ou avec sosie visage à découvert...

Ces paires de photos ont ensuite été soumises, sur un écran d'ordinateur, à quelques dizaines de

« cobayes » qui devaient dire s'ils voyaient ou non la même personne sur les deux clichés. Aucun indice extérieur ne pouvait les aider : à chaque fois, les situations, les éclairages, les angles de prise de vue, les décors et les vêtements changeaient. Résultat : si les participants au test arrivaient bien à reconnaître les modèles lorsque, sur les deux photos, ils avaient des lunettes ou étaient visage nu, ils avaient plus de mal à réaliser l'identification lorsque leur était présentée la combinaison lunettes/pas de lunettes.

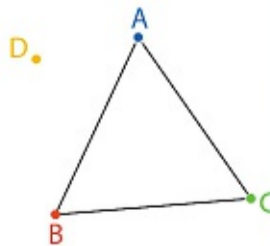
L'effet Clark Kent existe donc bel et bien, mais l'effet ajoute qu'il est assez faible. Si les habitants de Metropolis n'arrivent pas à reconnaître Superman, c'est sans doute qu'il y a autre chose. A été avancée l'hypothèse que les verres de ses lunettes, faits d'un matériau issu de sa planète natale, Krypton, donnent au regard du super-héros une sorte de pouvoir hypnotique... Mouais. La raison principale à cet aveuglement collectif tient sans doute au fait que, contrairement à Zorro, Batman, Spiderman et toute la lignée des vengeurs masqués, Superman agit à visage découvert. Personne n'irait imaginer qu'il a une autre vie ou besoin de travailler (comme journaliste qui plus est !) pour payer ses factures et ses grands slips. ■

AFFAIRE DE LOGIQUE – N°976

Visite au village

Alice, Bob et Charlotte habitent dans un village provençal, dans des maisons situées aux trois sommets d'un triangle équilatéral. Daniel, qui passe dans ce village, s'arrête pour déjeuner à 90 m d'Alice et à 140 m de Bob.

À quelle distance se trouve-t-il de Charlotte, au moins ?
À quelle distance se trouve-t-il de Charlotte, au plus ?
Sauriez-vous le localiser quand cette distance maximale est atteinte ?



SOLUTION DU N° 975

Le plus grand objectif inférieur à 100 entraînant la victoire de Bob en partant de 2 est 42.

On montre d'abord le résultat (R) suivant :

Si un des joueurs, noté J, a une stratégie gagnante avec pour objectif le nombre k, il aura une stratégie gagnante lorsque l'objectif est 4k ou 4k+2.

En effet, quand J applique la stratégie pour obtenir k, l'autre joueur, quelle que soit sa façon de jouer, est alors obligé à un moment d'annoncer un nombre compris entre (k+1) et 2k. Il suffit

alors à J de doubler le nombre, et donc d'annoncer un nombre pair compris entre 2k+2 et 4k. Cela oblige son adversaire à ajouter chaque fois 1, jusqu'à précéder l'objectif d'une unité.

• Ainsi, en appliquant (R) :
- dans la mesure où Bob gagne en annonçant 2, il gagnera si l'objectif est 8 ou 10 ;

- le gain avec 8 entraîne le gain avec l'objectif 32 ou 34, tandis que le gain avec 10 entraîne le gain avec l'objectif 40 et 42.

On s'arrête là, puisque en multipliant par 4, on dépasse 100.
• Reste à montrer qu'Alice gagne avec tous les autres objectifs.

- Première remarque : si l'objectif est impair, Alice aura une stratégie simple : ajouter 1. Bob n'aura jusqu'au bout le choix qu'entre des nombres pairs, et Alice finira par gagner.

- Pour les objectifs pairs, on remarque d'abord qu'Alice a une stratégie gagnante si l'objectif est 4 ainsi que 6 (dans les deux cas, elle annonce 4). En appliquant (R) aux entiers de 3 à 7, on en déduit qu'elle a une stratégie gagnante pour tous les objectifs compris entre 11 et 31. Et en appliquant (R) à ces nombres ainsi qu'à 9, on couvre 36, 38 et tous les objectifs de 44 à 100.

CARTE
BLANCHEL'étoile
de laboratoire

Par ROLAND LEHOUCQ

L'astrophysique est une science d'observation : capter et analyser la lumière des astres lui a permis d'élaborer une description de l'Univers cohérente avec la physique établie. Mais la situation est peut-être en train de changer. Pour la première fois, une expérience de laboratoire a tenté de reproduire les processus qui se déroulent à la surface d'une naine blanche capturant de la matière d'une étoile compagne.

Une naine blanche est une petite étoile très chaude mais peu lumineuse, résultat de l'évolution d'une étoile comme le Soleil. Isolée, c'est un astre très stable qui, en rayonnant, se refroidit très lentement au cours du temps. La situation est bien différente si l'étoile orbite avec un compagnon stellaire suffisamment proche. Elle peut alors capter une partie de sa masse qui, en tombant à la surface de la naine blanche, déclenche une forte augmentation de sa luminosité. Si, à force d'accumuler de la matière, la masse de la naine blanche atteint 1,4 fois la masse du Soleil, une gigantesque explosion thermonucléaire se produit, appelée supernova de type Ia.

Quand la naine blanche est dotée d'un champ magnétique suffisamment fort (10 millions de fois supérieur au champ terrestre), la matière capturée est canalisée dans une région très étroite au-dessus d'un de ses pôles magnétiques. Elle forme alors une sorte de colonne mesurant quelques centaines de kilomètres de rayon. À l'intérieur, une onde de choc se produit dans la matière accélérée par sa chute dans la forte gravité de l'étoile. C'est là qu'est émis le rayonnement très énergétique, ultraviolets et rayons X, capté par les astrophysiciens. Comprendre la physique de cette région est primordial, car c'est la clé des propriétés d'une naine blanche et des conditions initiales de son explosion en supernova.

Reproduire l'analogie du choc

Une collaboration scientifique franco-américaine a, pour la première fois, réussi à reproduire en laboratoire l'analogie du choc violent produit quand la matière tombe sur le pôle de la naine blanche. L'expérience a été décrite récemment dans un article de la revue *Nature Communications* (« Laboratory analogue of a supersonic accretion column in a binary star system », Cross et al.). Elle a été rendue possible, car des travaux théoriques ont montré que les processus se déroulant dans une colonne d'accrétion à une vitesse de 1 000 kilomètres en une seconde sont équivalents à ceux se produisant dans quelques millimètres de gaz pendant quelques milliardièmes de secondes, à condition que le gaz reçoive suffisamment d'énergie d'un laser.

Dans la pratique, une impulsion laser ayant autant d'énergie qu'une balle a été focalisée sur une cible dont le diamètre est dix fois celui d'un cheveu. Le plasma produit à 200 kilomètres par seconde était guidé par un fin tube se terminant par un obstacle en acier. Le plasma, le tube et l'obstacle sont les analogues expérimentaux de la matière en chute, de la collimation magnétique et de la surface de la naine blanche. Pour sonder ce qui se passe dans ce plasma en un temps si court, il a fallu générer, en utilisant le laser de puissance Orion basé au Royaume-Uni, une source de rayons X intense et très brève (0,5 milliardième de seconde!).

Comme pour une radiographie médicale, la répartition de la matière peut être reconstituée en mesurant les variations de transmission des rayons X. La région post-choc a été observée en détail, alors que son équivalent astrophysique ne peut l'être, même avec les plus grands télescopes disponibles aujourd'hui. Bien qu'il subsiste encore de fortes restrictions, l'expérience Orion confirme que des situations astrophysiques complexes peuvent désormais être reproduites en laboratoire. Lancés il y a quelques années en France sur l'installation LULI2000 (CNRS), ces travaux vont être adaptés à des lasers plus puissants, comme le Mégajoule de Bordeaux. Une astrophysique « expérimentale » est peut-être en train de naître! ■

Roland Lehoucq

Astrophysicien,
Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives
PHOTO: MARC CHAUMEIL

Anthropocène : sujet géologique ou sociétal ?

TRIBUNE - S'il ne fait aucun doute que l'homme exerce une influence inédite à l'échelle du globe, les géologues Patrick De Wever et Stanley Finney estiment inadéquat de définir la période comme une nouvelle ère géologique

Popularisé par le Prix Nobel de chimie Paul Crutzen en 1995, le mot anthropocène désigne la période qui a débuté lorsque les activités anthropiques ont laissé une empreinte sur l'ensemble de la planète. Le terme a fait florès dans la littérature scientifique et, peut-être plus encore, dans les sciences sociales, politiques et, par-dessus tout, les médias.

Certains voudraient faire de l'anthropocène une ère géologique parce que l'influence de l'homme serait globale. Par ailleurs, dire que c'est géologique souligne l'importance de cette influence, mais c'est aussi oublier quelques éléments fondamentaux. Pour être adoptée, une subdivision de l'échelle des temps géologiques, colonne vertébrale de cette discipline, doit respecter un certain nombre de critères précis avant que le dossier soit soumis à examen pour une éventuelle ratification. Et il semble surprenant de parler d'une « ère », une des principales subdivisions de l'échelle des temps. En effet, l'ère géologique la plus courte atteint 65 millions d'années. On n'est pas du tout dans les mêmes échelles de durée.

Eres, systèmes et étages

L'un des objectifs de l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS) est d'établir des standards afin que la communauté utilise des mots qui ont la même acception. Les subdivisions de l'échelle des temps géologiques font partie de ces standards et distinguent, des grands aux petits, les ères, les systèmes et les étages. Au sein de l'IUGS, la commission internationale de stratigraphie est chargée de veiller

au respect des critères et de la procédure à suivre, avec la même rigueur que les procédures utilisées par les Etats pour modifier une loi.

Un dossier respectant un certain nombre de critères peut être présenté à la commission ad hoc. Parmi les critères, certains sont géologiques (continuité sédimentaire, taux de sédimentation...), d'autres sont biostratigraphiques (forte modification de la faune pendant une durée importante caractérisée par des fossiles abondants et diversifiés...), d'autres encore sont physico-chimiques (isotopiques, magnétiques...), mais surtout, il faut des critères à la fois globaux et synchrones. Le synchronisme est capital car le repère doit servir à dater.

Plusieurs types d'informations sont utilisés pour caractériser l'anthropocène : les nouveaux matériaux (aluminium, béton...), de nouveaux polymères organiques, des plastiques, des microparticules de carbone, et tout un arsenal de produits chimiques parmi lesquels ceux liés aux explosions nucléaires. Les critères privilégiés sont globaux, mais le problème est que les modifications sont progressives. Ainsi, l'augmentation de la quantité de plutonium dans les sédiments et les modifications de l'environnement dues au bois brûlé au néolithique pour faire fondre les métaux, notamment, diffèrent selon le développement des populations. Il est alors difficile de placer une limite. Les critères attachés aux modifications de la biodiversité sont tout aussi décalés dans le temps : la diminution de vertébrés est observée depuis 1500, celle des poissons depuis un siècle, la blanchi-

**IL EST ÉTRANGE
QU'UN GROUPE
SEMBLE VOULOIR
FORCER LA MAIN
POUR FAIRE
INTÉGRER CETTE
SUBDIVISION
DANS L'ÉCHELLE
GÉOLOGIQUE**

ment des coraux commence en 1979. Il serait paradoxal de retenir des événements qui ne sont pas synchrones comme marqueurs de temps!

Connotation équivoque

Pourquoi le débat autour de l'anthropocène est-il nécessaire? Le mot est largement utilisé, et souvent avec une connotation équivoque. Et il est étrange qu'un groupe semble vouloir forcer la main pour faire intégrer cette subdivision dans l'échelle géologique. Encore récemment, lors du Congrès géologique international, qui s'est tenu au Cap (Afrique du Sud) du 27 août au 4 septembre, seuls deux orateurs ont évoqué ces aspects stratigraphiques. Mais la séance était à peine ouverte que déjà les médias en donnaient le bilan, comme s'il s'agissait d'un élément important. Le premier orateur défendait l'idée de l'introduction de cette période (mais contrairement à ce que l'on a pu entendre, jamais il n'a proposé une « ère », seulement une « série »). Le deuxième orateur, Stanley Finney, co-

signataire du présent papier, rappelait simplement quels étaient les critères requis pour introduire une subdivision de l'échelle des temps géologiques et constatait que l'anthropocène ne les possédait pas.

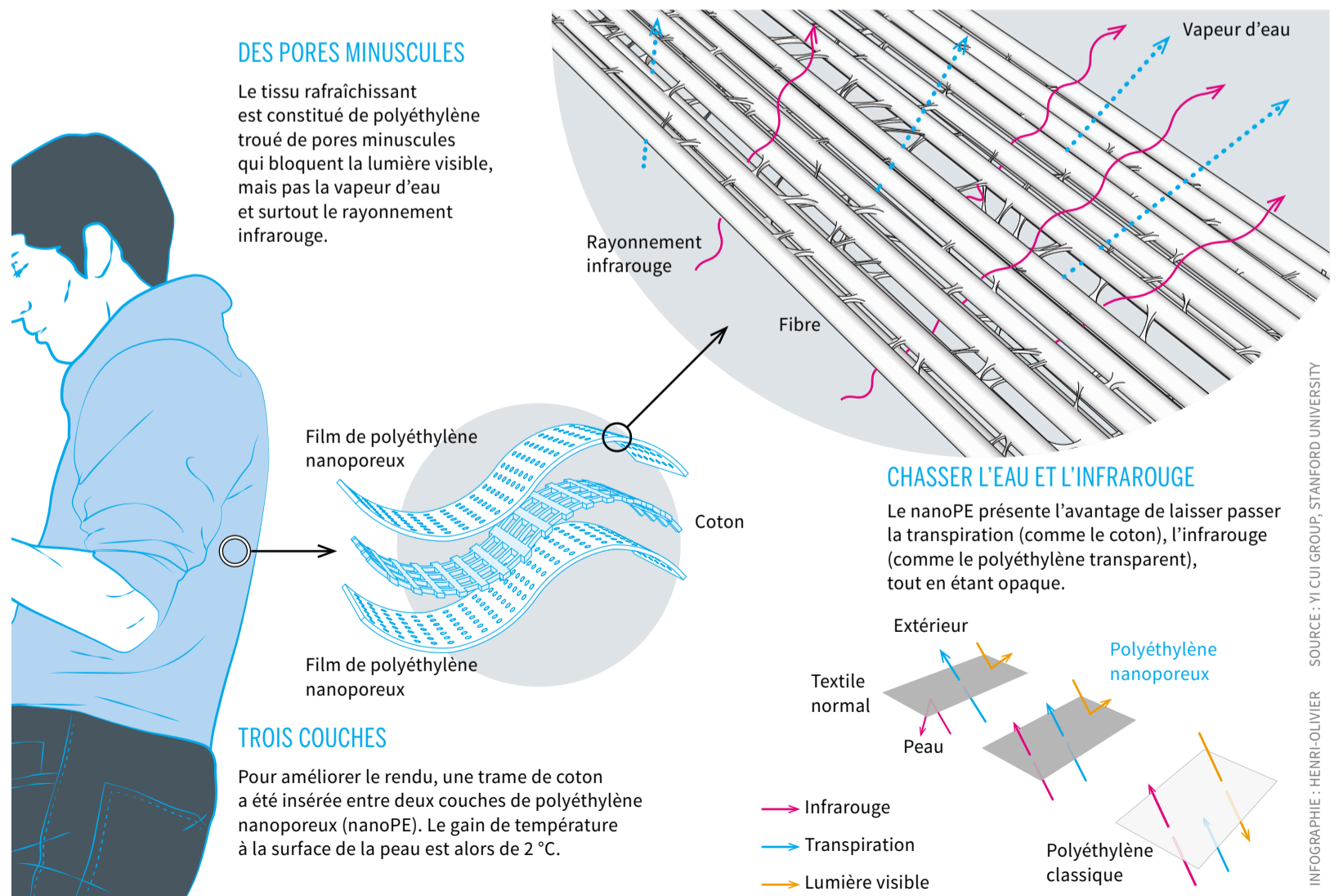
Dans l'histoire de l'humanité sont distinguées diverses périodes tels le néolithique, la Renaissance... Les critères utilisés pour cerner ces périodes varient, comme varient leurs dates de début et de fin. Les subdivisions de l'échelle des temps géologiques sont au contraire fondées sur un certain nombre de critères précis. L'objectif est de réussir à dater. Pour l'anthropocène, on connaît les dates des événements qui ne sont pas synchrones comme marqueurs de temps!

La période anthropocène est définie comme due à l'homme, elle s'inscrit dans l'histoire de l'humanité, elle a sa place dans le calendrier de l'histoire humaine. Pourquoi vouloir en faire une ère géologique? Ce serait à la fois inutile et inapproprié car elle n'en possède pas les caractères. ■

Patrick De Wever, professeur au Muséum national d'histoire naturelle (Paris) et président de la sous-commission internationale géopatrioine de l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS).
Stanley Finney, professeur à l'université de Californie à Long Beach et président de la commission internationale de stratigraphie de l'IUGS.

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

UN TISSU POUR AVOIR MOINS CHAUD



Au repos, le corps humain dissipe environ 50 % de sa chaleur sous forme de rayonnement infrarouge. Les vêtements bloquent une partie de cette énergie, ce qui est bienvenu en hiver, mais bien moins en cas de canicule.

Une équipe de l'université de Stanford (Etats-Unis) a donc mis au point un tissu qui laisse passer la transpiration – autre moyen de dissipation de la chaleur – mais aussi l'infrarouge. Les chercheurs décrivent dans *Science* avoir

utilisé du polyéthylène nanoporeux (nanoPE) opaque à la lumière visible, pour préserver la décence, et traité pour laisser passer à la fois la vapeur d'eau et l'infrarouge indésirable. La température à la surface de la peau

était ainsi abaissée de 2 °C par rapport au coton. Reste à rendre cette étoffe couleur mastic agréable et chic à porter, ce qui pourrait être le plus grand défi à relever. ■

HERVÉ MORIN

Oussama Khatib, roboticien à la conquête des abysses

PORTRAIT - Originaire d'Alep, en Syrie, passé par la France pour ses études, le directeur du Robotics Lab de Stanford a mis au point Ocean One, un archéologue humanoïde sous-marin

La thèse de doctorat ? Il l'a soutenue en 1980, à l'école Supaéro de Toulouse. Mais Oussama Khatib préfère dire qu'il l'a « vraiment » terminée le 15 avril 2016. Ce jour-là, en rade de Toulon, lui et ses étudiants de l'université Stanford (Californie) sabraient le champagne après le succès des premiers essais de leur robot océanographique Ocean One. Guidé depuis le PC de l'André-Malraux, le navire du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm), l'engin humanoïde, poussé par des hélices, avait atteint, par 90 mètres de fond, l'épave de *La Lune*, une frégate de Louis XIV coulée en 1664. Les bras manipulés grâce à des interfaces haptiques restituant à distance à l'étudiant placé aux commandes des sensations tactiles, il avait extrait de la vase puis déposé dans une caisse un objet : un pot en céramique à quatre anses rapporté intact à l'air libre sous les cris de joie. D'un point de vue technique, l'opération démontrait pour la première fois que des robots manipulateurs dotés d'une perception de leur environnement sont à même de coopérer avec l'homme pour réaliser dans l'eau et par grande profondeur des tâches aussi complexes que la fouille archéologique d'un bateau. Mais pour Oussama Khatib, qui voyait récompensées quatre décennies d'efforts, elle était aussi un motif de satisfaction personnelle.

Un visionnaire

Professeur à Stanford, où il dirige le Robotics Lab, français de nationalité, le père d'Ocean One, qui, il y a quelques jours encore, a fait un passage à bord de l'André-Malraux, n'est pas seulement l'inventeur d'une géniale machine sous-marine. Certains parlent de lui comme de l'un des meilleurs roboticiens du monde, comme un visionnaire du domaine qui, estime Vincent Creuze, du Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirmm), a « toujours su proposer des idées nouvelles en rupture avec celles de son temps ». « Sa contribution à la discipline est à la fois institutionnelle et scientifique, explique depuis la Suisse François Conti, un ancien étudiant devenu cofondateur de la spin-off Force Dimension, issue de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Il est connu comme un organisateur charismatique de conférences internationales et il est considéré comme un pionnier de la robotique dite "par contrôle en force". »

Pourtant, rien ne destinait cet homme chaleureux et passionné, dont les étudiants soulignent les « qualités humaines » et la « modestie », à devenir une autorité mondiale en matière de robotique. Dans les années 1950, à Alep (Syrie), sa ville natale, où régnait alors la douceur de vivre et dont il parle avec nostalgie, personne ne connaît les robots. Ils sont précédés dans les rêves du jeune garçon par les machines à remonter le temps. Mais, mordu de mathématiques et de physique, il veut travailler aux mutations technologiques. Lorsqu'il débarque en 1969 à l'âge de 19 ans à Montpellier, le bac en poche, c'est tout naturellement qu'il s'engage dans des études scientifiques. Il passe une maîtrise d'électronique et d'automatique, avant d'être admis à l'école Supaéro de Toulouse. C'est là qu'il découvre le monde de la robotique naissante. Il se voit proposer d'entreprendre une thèse dans le cadre d'une collaboration entre Supaéro et le Centre d'études et de recherche de Toulouse (CERT), l'ancêtre de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera). Ce doctorat va s'avérer déterminant. Son directeur de recherche ayant dû déménager, M. Khatib, qui entre-temps s'était rapproché du Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS), à Toulouse, se trouve livré à lui-même. C'est alors, en 1978, qu'il a l'intuition d'une nouvelle méthode mathématique de planification des mouvements des robots. Dite « par champs de potentiel », elle permettrait à ces machines de se déplacer d'un point A à un point B en contournant des objets sans calculer au préalable toutes les positions possibles de leurs diverses articulations. L'idée étant, par le truchement d'une combinaison de forces attractives et répulsives, d'entraîner le robot vers son objectif en le détournant des obstacles.

Cette approche nouvelle, testée à Montpellier, vaut au doctorant d'être remarqué aussitôt par ses pairs. Et il ne faudra pas longtemps pour qu'on lui propose un postdoctorat à l'université



Avec le robot humanoïde Ocean One, le 30 août à l'université de Stanford.
MCNAIR EVANS POUR « LE MONDE »

Stanford. Admis pour un an, il ne quittera jamais le prestigieux établissement. C'est là qu'il réalisera une carrière couronnée par de nombreux prix. Et c'est là, encore, qu'il conduira, grâce à des financements de l'Agence de sécurité américaine (NSA), de la NASA et d'industriels comme Honda, Kuka, Boeing ou Sony, ses recherches sur la robotique par « contrôle en force ».

La plupart des robots actuels fonctionnent sur la base de la connaissance qu'ils ont de leur positionnement dans l'espace. Pour prendre des objets, les soulever, les déplacer d'un endroit à un autre, ces machines évaluent à l'aide de caméras ou savent à l'avance l'emplacement des pièces. Mais il suffit d'une erreur d'appréciation de quelques millimètres pour que, en l'absence d'un système de sécurité, elles soient incapables d'arrêter leurs courses : elles heurtent brutalement l'obstacle apparu sur leur trajectoire ou, tapant dans le vide, sont déséquilibrées. Tel n'est pas le cas des robots qu'imagine Oussama Khatib. Ceux-là seront pilotés grâce à des informations déduites de leur interaction avec l'environnement. En l'occurrence, la mesure des forces mécaniques générées au niveau de leurs articulations lorsqu'ils entrent en contact avec une surface. Ce mode de commande, prédit-il, confèrera à ces automates une souplesse dans la gestuelle, une « capacité d'adaptation » aux changements. « Et donc un certain degré d'autonomie "locale" qui permettra de les contrôler à un haut niveau et de les amener à coopérer avec un être humain. »

Plusieurs décennies seront nécessaires avant que cette vision se concrétise. Entre la mise au point des premiers engins contournant les obstacles en mouvement et celle d'Ocean One, de multiples machines, parmi lesquelles le robot humanoïde Asimo, de

Honda, serviront à tester les théories mathématiques et les algorithmes sous-jacents à l'idée de départ. Bras articulés ajustant leur force pour maintenir un plateau accolé à un support dans n'importe quelle direction, robots coopératifs transportant des objets en tandem, automates entraînés par un doigt dans une sarabande, chacune d'entre elles atteste d'une progression. Entre-temps, le Robotics Lab d'Oussama Khatib s'est doté de moyens de simulation. C'est qu'un robot par « contrôle en force » ne se programme pas comme les autres. « Tout comme l'homme, explique Oussama Khatib, il a recours à des "stratégies" en termes de gestion d'énergie et d'efforts. » Et il s'agit, grâce à des réflecteurs placés sur le corps de volontaires, de les extraire et de les implémenter sur les robots.

Milieux extrêmes

Associés aux avancées du laboratoire sur les systèmes haptiques et les bras à retour d'effort appliqués à la télé-médecine, tous ces développements ont fait de l'équipe une experte du mouvement humain. Une spécialisation qui a poussé Oussama Khatib dans la voie de la robotique humanoïde. Et l'a amené à réfléchir sur la manière dont les robots et les hommes pourraient s'entraider pour travailler dans des milieux extrêmes : centrales nucléaires accidentées, puits de mines effondrés ou, comme avec Ocean One, profondeurs abyssales. « Mon idée, insiste-t-il, est de connecter le robot et l'humain pour qu'ils partagent leurs muscles et leurs cerveaux. Il y a eu la révolution industrielle, puis la révolution numérique. Le futur verra la somme des connaissances accumulées dans le monde virtuel interagir avec le monde physique via la robotique. Là est la trace à suivre. Là est l'avenir... » ■

VAHÉ TER MINASSIAN



ZOOLOGIE

Les deux GPS de la fourmi du désert

Les fourmis forment une bien grande famille. Plus de 12 000 espèces, une biomasse totale qui excède le poids de l'humanité : autant dire que, chez elles, l'individu ne pèse pas bien lourd. Du reste, le comportement de ses colonies nous intéresse souvent davantage que celui de chacune d'elles.

Cataglyphis fait exception. Pas pour sa capacité à coloniser les régions les plus arides, qui fait d'elle une des reines du Sahara. Pour son système d'orientation, devenu un « modèle » d'étude des capacités de perception de l'espace, chez les insectes, et même au-delà. Dans cet univers hostile, où la quête de nourriture est une obsession, elle navigue, cherche, parcourt des centaines de mètres pour trouver sa pitance... puis rentre au nid par le chemin le plus rapide – souvent la ligne droite. « Comment se repère-t-elle, dans ce milieu où tout se ressemble ? Cela fait des années que les scientifiques cherchent », rappelle Matthias Wittlinger, neurobiologiste à l'université d'Ulm (Allemagne). L'étude qu'il publie, avec sa collègue Sarah Pfeffer, dans la revue *Science* révèle un système riche et précis.

Compas interne

Comme nombre d'animaux, *Cataglyphis* repère ses déplacements grâce à deux coordonnées. La première est angulaire, elle fournit une direction. Une sorte de compas interne alimenté par les récepteurs supérieurs de son œil composé. Ceux-ci repèrent la position du soleil, l'intensité de la lumière, mais surtout la polarisation de celle-ci : autant d'informations qui transforment un



Deux « *Cataglyphis* », une porteuse et son ouvrière. MATTHIAS WITTLINGER

ciel uniforme à nos yeux en un paysage varié dans lequel l'insecte s'oriente.

La deuxième coordonnée est une distance. Celle-ci l'informe sur le chemin parcouru. Pour cela, la fourmi ne dispose pas d'une, mais – et c'est là l'apport essentiel de l'étude allemande – de deux mesures. Deux mesures distinctes et autonomes. Mise en évidence il y a quelques années chez la fourmi, l'une consiste à compter ses pas, à évaluer la longueur de chacun d'entre eux et à en « déduire » une distance. « Nous sommes capables de faire un peu la même chose, même en fermant nos yeux, mais avec beaucoup moins de précision », précise Matthias Wittlinger. L'autre semble plus mystérieuse. Baptisée « flux optique », elle détermine la fameuse longueur à partir du défilement du paysage, en l'occurrence celui du sol. « Quand nous conduisons, nous utilisons aussi cette compétence, mais mal. Les abeilles et les guêpes en revanche s'en servent à merveille. Notre surprise a été de trouver à quel point les fourmis sont bonnes. »

Pour le démontrer, les scientifiques ont profité du fait que certaines fourmis (porteuses) ont l'habitude d'en transporter d'autres (les ouvrières). Ils ont donc pris des couples, qu'ils ont séparés après un trajet de 10 mètres depuis le nid, puis ont isolé les ouvrières. Celles-ci ont commencé par chercher autour d'elles leur compagne, puis sont reparties et ont parcouru une distance de... 9,7 mètres. « Pour un animal de 8 millimètres, sur une distance de 10 mètres, c'est un très petit écart », insiste le chercheur.

Mais était-ce bien le flux optique qui avait renseigné la fourmi ? Les chercheurs ont reproduit l'expérience en masquant, pendant le trajet aller, les récepteurs inférieurs des yeux de l'ouvrière, ceux qui observent le sol. Les ouvrières sont restées démunies, incapables de repartir vers le nid.

Restait à déterminer le lien entre les deux mesures : les pas et le flux... Cette fois, ils ont masqué les ouvrières après les avoir séparées de leur porteuse. Et les fourmis ont encore échoué à retrouver le nid. « Deux systèmes indépendants et redondants », conclut Wittlinger. Comment le cerveau intègre-t-il le tout ? Le biologiste répond en souriant : « C'est ce que nous allons chercher à comprendre. Mais, pour le moment, nous n'en savons rien. » ■

NATHANIEL HERZBERG