



YASMINE GATEAU

## Ecole Des outils pour mieux grandir

Proposés depuis près de trente ans dans les pays anglo-saxons, des programmes pour améliorer les compétences psychosociales des enfants ont fait leurs preuves à l'école. Pourtant, ils s'importent timidement en France

**FLORENCE ROSIER**

LA CHAPPELLE-SUR-ERDRE (LOIRE-ATLANTIQUE)  
- envoyée spéciale

**R**adioux, vingt-quatre enfants et six adultes forment un large cercle. Les premiers ont 9 à 10 ans, l'âge idéal pour entrer dans la ronde. La fin de l'enfance est proche, mais l'heure de la rébellion n'a pas encore sonné. Il faut saisir ce répit – deux, trois ans ? – avant l'irruption de l'adolescence. Nous sommes dans

une classe de CM1, à l'école Beausoleil, à La Chapelle-sur-Erdre (Loire-Atlantique), début janvier. Tous, ils jouent le jeu avec ferveur. Le jeu ? C'est le « Swizz ». Les joueurs font circuler une « boule d'énergie » fictive, qui obéit à leurs ordres et à leurs gestes. « Boule de feu ! », lance une fille, bras tendus à l'horizontal, poignets joints, dans la position du lanceur de *Dragon Ball Z* (une série tirée d'un manga). Et tous les joueurs de se pencher en arrière pour esquiver le feu. « Swizz ! » : la balle reprend sa ronde sur la droite. « Ya ! » : elle file à gauche. « Olé, colère ! », enrage

un blondinet : c'est qu'il a confondu les règles. Il tape des pieds au sol. Cette (fausse) fureur passée, tous les joueurs lancent en chœur : « Olé ! »

« C'est un rituel qui soude le groupe », glisse Cécilia Sallé, chargée de mission à l'Ireps (instance régionale d'éducation et de promotion de la santé) des Pays de la Loire, qui anime cet atelier. Les yeux brillent, les rires fusent. A l'évidence, le jeu séduit. Un jeu ? Son enjeu est des plus sérieux. Il s'agit d'apprendre aux enfants à – bien – vivre ensemble. Avec leurs semblables, et même avec ceux qui ne leur ressemblent pas. Brûlant défi. Il tient en un aphorisme : « Avant de s'agrandir au-dehors, il faut s'affirmer au-dedans », affirmait Victor Hugo, psychologue avant l'heure (*Post-Scriptum de ma vie*, 1901).

A l'école Beausoleil, en ce matin de janvier, l'objectif était bien de renforcer les « compétences psychosociales » des enfants. Mais encore ? Derrière cette nébuleuse, se cache un concept défini par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1993. « Les compétences psychosocia-

les sont la capacité d'une personne à répondre avec efficacité aux exigences et aux épreuves de la vie quotidienne », écrit l'OMS.

Vaste défi, en effet. Il faut – faudrait ? – pouvoir identifier, manifester et réguler ses propres émotions ; exprimer ses points de vue ; comprendre les émotions et parfois défendre l'opinion d'autrui ; savoir coopérer, décider, persuader ; résoudre les conflits et gérer les situations difficiles ; s'affirmer et résister à la pression des pairs ; forger une pensée critique et créative...

Ce « parfait petit être sociable » existe-t-il ? Et de telles ressources peuvent-elles s'apprendre autrement qu'à l'école de la vie, en tâtonnant ? Eh bien la réponse est oui. Il y a des centaines de programmes conçus pour cela. Depuis deux à quatre décennies, ils sont développés dans les pays anglo-saxons. La plupart s'adressent aux enfants âgés de 3 à 15 ans. Aux Etats-Unis, ils sont même déployés dans les apprentissages scolaires courants.

→ LIRE LA SUITE PAGES 4-5

### Une dose de hasard dans le GPS des fourmis

Seuls ou en groupe, ces insectes ont diverses stratégies pour prospecter la nourriture et la rapporter au nid. Pour être plus efficaces, ils laissent une place à l'aléa.

LIRE PAGE 2



### Les pacificateurs sont plébiscités par les bébés

Une série d'expériences astucieuses conduites par une équipe japonaise montrent que, dès l'âge de 6 mois, les tout-petits préfèrent ceux qui s'interposent lors de conflits.

LIRE PAGE 3



MARY ERHARDY

### Portrait Une cosmographe au cœur de l'attraction

Hélène Courtois se passionne pour les mouvements des galaxies. Celui de la Voie lactée et de ses voisines dépend de pôles contraires, qu'elle décrit dans une nouvelle carte cosmique.

LIRE PAGE 8

# Les fourmis, génies de l'orientation

ÉTHOLOGIE - Seuls ou en groupe, en avant comme en arrière, ces insectes retrouvent toujours leur chemin. Deux études révèlent le secret de leur étonnant GPS

**I**ly a quatre ans, le jeune éthologue Ehud Fonio accomplissait le rêve de tout chercheur israélien : décrocher un poste au prestigieux Institut Weizmann. Il déménageait donc à Rehovot. La suite, c'est son chef, Ofer Feinerman, qui la raconte : « *Le matin, quand Udi a voulu nourrir ses chats dehors, il a vu les croquettes bouger toutes seules. Il a regardé de plus près et a découvert des fourmis. La maison était installée sur un immense nid et ce qu'il observait était du transport coopératif. Il a filmé la scène et me l'a montrée. C'était son deuxième jour au labo. Il m'a demandé si ça m'intéressait. Heureusement que j'ai répondu oui.* »

Après plusieurs années de travail et avec l'appui de leur collègue informaticien du CNRS Amos Korman (université Paris-Diderot), l'équipe vient de percer le secret qui se cache derrière le mouvement apparemment erratique des *Paratrechina longicornis*, aussi surnommées « fourmis folles ». Dans la revue *eLife*, ils viennent de mettre en évidence un nouveau mode collectif d'orientation qui permet au groupe de rapporter au nid des charges gigantesques. Mieux : ils ont établi que celui-ci était basé sur la coordination, la coopération et... le hasard. « *Un comportement qui peut paraître incohérent mais qui se révèle d'une grande efficacité et d'une étonnante souplesse* », souligne Amos Korman, informaticien spécialisé dans les systèmes complexes.

Comme souvent chez les animaux, tout est une histoire de nourriture. Chez les fourmis, on appelle ça le fourrageage. Le groupe envoie ses éclaireuses parcourir les alentours. Une fois la proie localisée, l'insecte rentre au nid, laissant derrière lui des phéromones. Il recrute alors des congénères. Ensemble, ils suivent l'empreinte chimique, se saisissent des proies et rentrent au bercail.

Seulement voilà : les fourmis ne sont pas des géomètres. Tracée pour un individu, la piste peut s'avérer impraticable pour un convoi exceptionnel. « *Dit autrement, imaginez que votre GPS vous indique le chemin des piétons alors que vous êtes en voiture* », explique Amos Korman. Comment l'armée de fourmis contourne-t-elle les obstacles ?

Installer une colonie dans le laboratoire, l'équipe israélienne a d'abord constaté qu'avant de lâcher un jet de phéromones, la fourmi opérant un petit mouvement arrière. Les chercheurs ont ainsi pu, pour la première fois, tracer la carte des signaux et faire deux découvertes inattendues. Loin de suivre une piste préexistante, le groupe construit sa voie au fur et à mesure, par tronçons d'environ 10 cm. « *Comme un GPS qui indique de prendre la première à gauche mais n'indique pas le trajet total jusqu'à destination* », traduit le myrmécologue Thibaud Monnin (CNRS-université

la chaire santé de Sciences Po, et coauteur avec Anne Laude d'un « *Que-sais-je?* » sur les droits des malades, paru en août 2016. « *Les droits des malades sont renforcés, reconnus et bien identifiés*, a résumé la ministre de la Santé Marisol Touraine dans un message vidéo. *C'est en informant et en expliquant qu'on peut réduire la maladie.* »

**Des actions de groupe**  
La loi marque des avancées en prévention, sur l'accès aux soins, les droits des malades... Principale mesure, l'action de groupe, sur le modèle des *class actions* à l'américaine, donne la possibilité aux patients qui s'estiment victimes de médicaments d'être défendus collectivement devant les tribunaux. Elle a été utilisée

**Pour pouvoir déplacer des charges gigantesques, les fourmis ont recours à un système de transport fondé sur l'intelligence collective et le hasard.**  
OFER FEINERMAN  
AND EHUD FONIO, DEP.  
OF PHYSICS OF COMPLEX  
SYSTEMS, WEIZMANN INST.  
OF SCIENCE, ISRAEL

Pierre-et-Marie-Curie). Surtout, l'armée ne suit pas toujours ses éclaireurs. « *Elle perd la piste... mais la piste la rattrape* », explique Amos Korman.

Pourquoi une telle pagaille ? C'est là que l'informatique est entré en scène. Il a proposé un modèle dans lequel, à chaque étape, le groupe suit à 80 % le chemin indiqué par les pisteuses mais prend, dans 20 % des cas, une autre direction, au hasard. Un modèle à la fois conforme aux observations et précieux. « *Quand tout va bien, le groupe perd très peu de temps pour atteindre le nid et, à l'inverse, il se sort de situations critiques qui autrement le bloqueraient à jamais.* » Et le chercheur du CNRS de vanter l'adaptation par le hasard : « *Vous n'éduquez pas un enfant en programmant toute sa vie car vous risquez la catastrophe au moindre pas de côté. Vous acceptez plutôt l'incertitude.* »

#### Une source d'inspiration

Les fourmis érigées en modèle ? De nombreux scientifiques, adeptes du biomimétisme, puisent en tout cas dans leur organisation une source d'inspiration, de la robotique à la gestion des réseaux de distribution d'eau ou d'électricité. De quoi nourrir l'idée d'une intelligence collective des fourmis sans commune mesure avec sa simplicité individuelle. « *Mais même si le groupe développe des compétences supérieures à la somme des individualités, ça ne veut pas dire que les individus sont stupides* », souligne Antoine Wystrach, du Centre de recherche sur la cognition animale (CNRS-université de Toulouse).

pour la première fois le 13 décembre par des mères ayant reçu pendant leur grossesse des antiépileptiques à base d'acide valproïque (affaire de la Dépakine).

Autres mesures phares : le droit à l'oubli, destiné à permettre à d'anciens malades d'avoir accès aux assurances et prêts sans surprime, l'interdiction d'exclusion du don de sang pour orientation sexuelle (article 40), l'encadrement des pratiques d'isolement et de contention dans les soins psychiatriques...

L'article premier de la loi prévoit aussi la création de l'Union nationale des associations agréées en santé, dont l'idée est de fédérer la voix des patients. Edouard Couty, qui vient d'être nommé médiateur national dans le cadre de la stratégie nationale

d'amélioration de la qualité de vie au travail des professionnels de santé, a rendu un rapport sur ce sujet, accessible en ligne sur le site du ministère. Un décret devrait paraître « *très prochainement* », indique-t-on au ministère.

Pour mieux se repérer, il est prévu de créer une sorte de « GPS santé », sur Internet. Il comprend déjà le site *Medicament.gouv.fr*. Le but : donner des informations claires et fiables sur les maladies, les traitements, les gestes de prévention, l'offre de soins, pour savoir où trouver une pharmacie de garde, que faire en cas de perte d'autonomie d'un proche, etc. Ces mesures constituent les briques du futur Service public d'information de santé (SPIS), qui tarde à arriver. Il est aussi prévu « *une réponse accompagnée pour tous* »,

Le biologiste sait de quoi il parle. Dans une seconde étude, publiée mardi 17 janvier, dans la revue *Current Biology*, l'équipe franco-britannique qu'il coordonnait a mis en évidence les étonnantes capacités d'orientation, cette fois de chaque spécimen. Et elles laissent songeur. Non seulement les fourmis étudiées utilisent leur mémoire (remarquable) du paysage et les informations imprévues qui surgissent sous leurs pattes (ou leurs yeux). Mais elles y parviennent dans toutes les positions, quitte à ruser avec leurs propres limites.

Cette fois, ce sont des *Cataglyphis velox* qui ont servi de modèle. Contrairement à la plupart de leurs cousines, ces fourmis du désert n'utilisent pas de phéromones. A dire vrai, elles ne font rien comme les autres. Elles sortent aux heures les plus chaudes, quand leurs prédateurs se terrent, et fourragent en solitaire. Lorsqu'elles mettent la main sur un de ces minuscules insectes grillés par le soleil dont elles raffolent, elles le portent jusqu'au nid. Du moins quand elles le peuvent. Sinon, elles se retournent et le tirent en marche arrière.

Leur secret pour retrouver la maison ? Pour le savoir, Antoine Wystrach et ses collègues ont construit dans le désert andalou un circuit que les fourmis ont pu mémoriser pendant vingt-quatre heures. Puis ils leur ont distribué des morceaux de biscuit à rapporter. Celles qui se déplaçaient en avant n'ont rencontré aucune difficulté à s'orienter. Les plus chargées, circulant à reculons, ont au contraire raté le premier tournant. Elles ont alors abandonné leur charge, se

sont retournées, ont réévalué le chemin, puis ont repris le biscuit, qu'elles ont tiré sur la bonne voie.

Comment interpréter un tel comportement ? « *Grâce aux indices terrestres, la fourmi mémorise sur sa rétine une scène de façon égo-centrée* », explique Antoine Wystrach. La droite est donc... à droite. En marche arrière, *Cataglyphis* est perdue. Mais qu'elle se retourne, et la voilà capable de mémoriser la route, la nouvelle direction et la présence du biscuit. « *Elle intègre alors le repère centré sur elle-même et les directions centrées sur le monde* », poursuit le scientifique.

Encore faut-il à la fourmi un instrument qui, en marche arrière, lui indique le cap général. Chez *Cataglyphis*, ce compas est céleste. Pour s'en convaincre, les scientifiques ont repris une vieille expérience en réfléchissant le soleil à l'aide d'un miroir. Les fourmis marchant à reculons sont tombées dans le piège et sont parties dans le mauvais sens. Par conséquent, c'est bien le soleil qui les orientait.

Deux espèces de fourmis, donc. Deux modes de fourrageage (individuel ou collectif), deux natures d'indices (visuels ou olfactifs), deux types de charges (plus ou moins lourdes) et deux façons de se mouvoir (en avant ou en arrière). Thibaud Monnin y voit une conclusion : « *Les stratégies d'orientation des fourmis sont plus complexes, plus dynamiques et plus robustes que ce qu'on croyait.* » Dit plus trivialement, elles sont vraiment phénoménales. ■

NATHANIEL HERZBERG



# Des avancées à confirmer sur les droits des malades

MÉDECINE - Un an après la loi de modernisation de la santé, malgré les progrès, des lacunes demeurent dans la place laissée aux patients

**L**a date n'est pas un hasard. « *La loi de modernisation de la santé, votée le 26 janvier 2016, est emblématique du droit des patients* », a indiqué Anne Laude, professeure à l'université Paris-Descartes, codirectrice de l'Institut Droit et santé (Inserm, université Paris-Descartes), pour introduire le colloque sur ce thème qui s'est tenu le 26 janvier.

Au total, 38 articles de cette loi, qui en compte 227 en tout, concernent les droits des malades. « *C'est en fait une loi gigogne, un texte qui à lui seul aurait mérité un débat parlementaire. Si ça avait été une loi en tant que telle, cela aurait pu être le deuxième grand texte sur le droit des malades après la loi de mars 2002* », relève Didier Tabuteau, codirecteur de l'Institut Droit et santé, responsable de

la chaire santé de Sciences Po, et coauteur avec Anne Laude d'un « *Que-sais-je?* » sur les droits des malades, paru en août 2016. « *Les droits des malades sont renforcés, reconnus et bien identifiés*, a résumé la ministre de la Santé Marisol Touraine dans un message vidéo. *C'est en informant et en expliquant qu'on peut réduire la maladie.* »

**Des actions de groupe**  
La loi marque des avancées en prévention, sur l'accès aux soins, les droits des malades... Principale mesure, l'action de groupe, sur le modèle des *class actions* à l'américaine, donne la possibilité aux patients qui s'estiment victimes de médicaments d'être défendus collectivement devant les tribunaux. Elle a été utilisée

qui vise à offrir des solutions d'accompagnement d'un enfant ou d'un adulte handicapé.

#### Retard dans la mise en œuvre

Il reste à mettre en œuvre ces mesures par des décrets d'application et de nouvelles attitudes. Paradoxe, « *malgré l'esprit des lois, on ne voit pas d'évolutions suffisamment fortes dans les pratiques professionnelles et administratives* », note Christian Saout, secrétaire général délégué du Collectif interassociatif sur la santé, auteur de *La Démocratie sanitaire* (Editions de santé, 54 p., 10 euros), sorti lundi 30 janvier. Même constat pour Thomas Sannié, président de l'Association française des hémophiles : « *Dans les faits, des choses basiques comme l'accès au dossier médical, le respect de la dignité, l'in-*

*limité de la personne, qui figuraient déjà dans la loi de 2002, ne sont pas entrées dans les mœurs des pratiques de l'ensemble des soignants.* »

Christian Saout relève « *un saut significatif de la transparence en santé dans cette loi* », mais il ne voit pas de signaux sur « *la littératie en santé, à savoir ce que les patients comprennent de leur pathologie, des droits sociaux...* ». Or, face à l'explosion des maladies chroniques, les constats sont là : de 50 % à 70 % des patients n'adhèrent pas au traitement, d'où le manque d'observance.

Si la loi prévoit le renforcement de la place des usagers au sein des agences sanitaires, c'est, selon Thomas Sannié, insuffisant. Le citoyen « *seul* » n'a pas vraiment voix au chapitre. ■

PASCALLE SANTI

# Les justiciers plébiscités par les bébés

PSYCHOLOGIE - Une étude japonaise montre que, dès 6 mois, les nourrissons sont capables de comprendre les relations d'oppression. Et vont vers ceux qui défendent les victimes

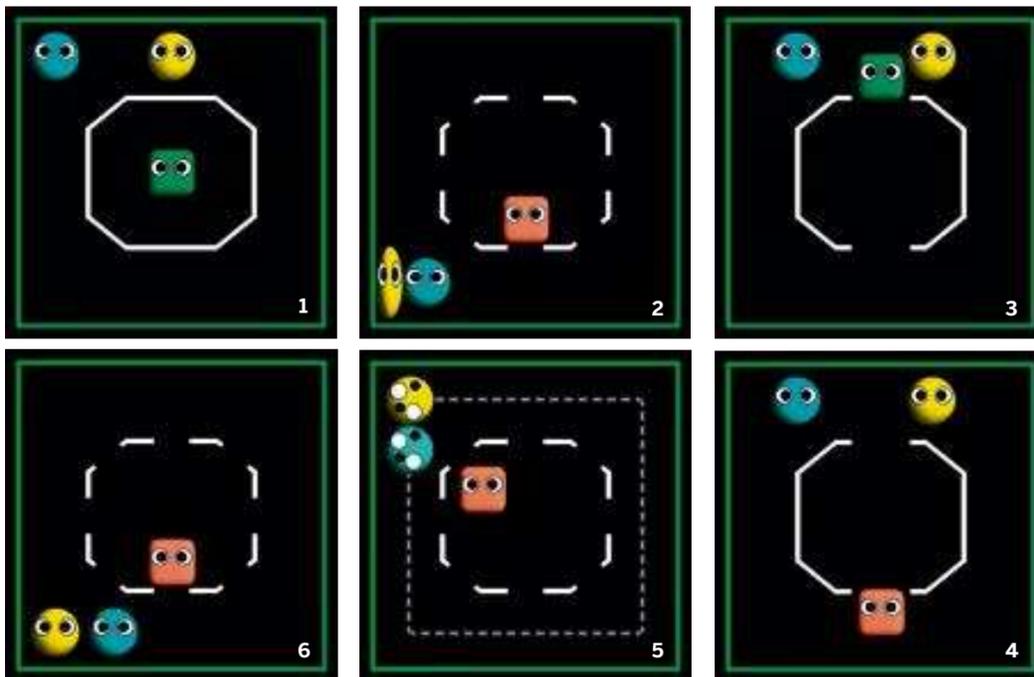
En ces temps de trumpisme triomphant, la figure peut paraître désuète. Il n'empêche : le défenseur de la veuve et de l'orphelin, celui qui se lève dans le métro pour protéger une jeune fille agressée par deux vilains, Robin des bois du quotidien, fait toujours recette. Zorro, Tintin, Lucky Luke : le culte du bien et du mal mais aussi du courage désintéressé nous est inculqué dès l'enfance. A moins que les créateurs de héros pour la jeunesse ne surfont sur nos ressorts profonds.

Des expériences avaient déjà montré que, dès 3 ans, les enfants, placés devant une situation de harcèlement, portaient majoritairement secours à la victime. Une étude publiée le 30 janvier dans *Nature Human Behaviour* révèle que cette propension est plus précoce encore. Des scientifiques japonais y démontrent que, dès 6 mois, les nourrissons plébiscitent le tiers qui intervient dans un conflit pour protéger le faible contre le fort et dédaignent au contraire le spectateur inactif. Et un point pour Rousseau !

## Dispositif original

Pour arriver à cette conclusion, les chercheurs de l'université de Kyoto ont mis en place un dispositif original. Ils ont placé les bébés face à des dessins animés dans lesquels une petite sphère bleue agresse une petite sphère jaune, sous les yeux successifs de deux petits cubes. Le vert intervient en se plaçant entre les deux belligérants. Le rouge laisse au contraire l'action se poursuivre. Puis les enfants sont invités à choisir entre deux cubes – des vrais – de chacune des deux dernières couleurs. Dix-sept sur 20 optent pour le cube vert. Le résultat inverse est obtenu lorsque le héros de la vidéo était le cube rouge.

Les scientifiques ont immédiatement émis des objections. Était-ce bien l'intervention d'un tiers dans une « interaction sociale négative » que les bébés approuvaient ? Ne s'opposaient-ils pas simplement à un « événement physique », à savoir le contact entre deux objets ? Ils ont donc répété l'opération en modifiant quelques paramètres. Contrairement à la première expérience, les yeux des deux sphères ont été déstructurés, perdant leur



Dans ce dispositif original, les cubes verts et rouges voient la sphère bleue poursuivre et agresser la jaune (1 et 2). Le vert s'interpose, pas le rouge (3 et 4). Les bébés choisissent le cube vert et plébiscitent ainsi le pacificateur. En revanche, quand les sphères sont déshumanisées (5) ou en simple interaction neutre (6), les bébés n'affichent plus de préférence. YASUHIRO KANAKOGI/KYOTO UNIVERSITY/NATURE HUMAN BEHAVIOUR

caractère humain. Par ailleurs, la jaune n'est plus déformée par son adversaire, juste poussée. Le résultat n'a plus rien à voir : 10 bébés pour chaque couleur. « C'est donc bien une interaction sociale qui fait réagir le nourrisson », concluent les scientifiques.

Mais celle-ci doit-elle être agressive ? Les bébés peuvent aussi bien avoir soutenu le cube qui agit, quelles que soient les conditions. Les scientifiques ont donc reproduit la même opération (en remettant les yeux), mais en retirant toute forme d'agression. Les deux sphères se courent après, sans dommage, et le cube vert vient les séparer. Là encore, les bébés ne manifestent pas de « préférence significative » (8 verts, 12 rouges).

Les scientifiques japonais n'en ont pas encore fini. Pour s'assurer que les bébés soutiennent bien l'intervention d'un tiers dans une agression, encore faut-il qu'ils fassent la différence entre l'agresseur et l'agressé. Ils ont eu recours à

une autre méthode : la mesure de l'attention des nourrissons. Ils ont présenté aux bébés deux vidéos dans lesquelles le petit cube, pour mettre fin à l'affrontement, attaquait l'une ou l'autre sphère. Les bébés sont restés « nettement plus longtemps attentifs à la scène inattendue », celle où la victime était punie par le sauveur.

## Notion d'intention

Symétriquement, les chercheurs ont proposé deux autres vidéos dans lesquelles le cube séparait les belligérants, en aidant l'un, ou l'autre. Et, là encore, le décalage entre l'action attendue et la réalité a été privilégié – en l'espèce, la scène où le justicier aidait l'agresseur. Pour les chercheurs, « cela prouve bien que les nourrissons comprennent les relations de pouvoir entre ces acteurs ».

Une dernière question s'est alors posée à eux : les bébés sont-ils capables de discerner une intervention intentionnelle ? Des études précédentes, conduites

dans d'autres situations, laissaient penser que la notion d'intention apparaissait autour de 8 mois. Les scientifiques de Kyoto ont présenté deux situations aux bébés. Dans la première, le cube commençait par suivre la poursuite des deux sphères avant d'intervenir pour mettre fin à l'agression ; dans la seconde, son intervention était soudaine, non préméditée. Les nourrissons de 6 mois n'ont pas fait la différence. Un groupe témoin d'enfants de 10 mois a clairement privilégié l'action intentionnelle.

Le cadre est donc désormais connu. A 6 mois, les enfants soutiennent le héros, même accidentel. A 10 mois, ils plébiscitent le pompier volontaire. Et, à 3 ans, ils jouent les justiciers dans les bacs à sable. « Détailler comment les enfants passent du soutien à l'action sera le prochain défi de nos collègues », conclut l'équipe japonaise. Sans doute estiment-ils leur avoir déjà tendu la main. ■

NATHANIEL HERZBERG

## TÉLESCOPE

### BIOLOGIE

#### Des cellules souches humaines dans des embryons de porc

Une équipe internationale vient d'annoncer avoir implanté dans des truies des embryons de porc dans lesquels avaient été injectées des cellules souches humaines. Les embryons chimériques ainsi constitués se sont développés pendant trois à quatre semaines avant que la grossesse soit interrompue. L'objectif est d'étudier la possibilité de fabriquer des organes humains dans des animaux hôtes, afin de pallier la pénurie de greffons. Les cellules humaines n'ont pas contribué au développement du cerveau des embryons de porc, mais à celui des muscles et à des précurseurs d'autres organes. Les chercheurs vont désormais modifier le génome des porcs receveurs, afin de les rendre incapables de produire certains organes, comme le pancréas. Ils espèrent que les cellules humaines prendront alors le relais, ainsi que cela a été observé sur des chimères rat-souris, selon des travaux publiés la même semaine.

> Wu et al., « Cell » du 26 janvier ; Yamaguchi et al., « Nature » du 25 janvier.

### INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

#### Le médecin de demain tiendra dans la poche

Un programme d'intelligence artificielle (IA) peut-il porter des diagnostics aussi fiables qu'un spécialiste chevronné ? C'est ce que suggèrent deux publications récentes, l'une en dermatologie, l'autre en ophtalmologie. Aux États-Unis, des chercheurs de Stanford ont ainsi entraîné un logiciel à reconnaître les tumeurs malignes cutanées les plus fréquentes – les carcinomes – et les plus redoutables, les mélanomes. Pour ce *deep learning* (apprentissage profond), le système a été alimenté par une base de 130 000 images, représentant plus de 2 000 pathologies de la peau. L'algorithme s'est montré aussi performant qu'un panel de 21 dermatologues pour le diagnostic des carcinomes et des mélanomes. Les scientifiques espèrent désormais pouvoir insérer ce super-dermatologue dans un smartphone. De son côté, une équipe chinoise a mis au point un programme d'IA capable de diagnostiquer aussi bien qu'un ophtalmologiste une maladie rare, la cataracte congénitale.

> Esteve A et al., « Nature » du 25 janvier ; Liu Y et al., « Nature Biomedical Engineering » du 30 janvier.

### RECTIFICATIF

#### Grippe saisonnière

Dans notre dossier consacré à la grippe saisonnière (« Le Monde Science & médecine » du 25 janvier), nous avons présenté par erreur le sociologue Jocelyn Raude comme chercheur à l'École des hautes études en sciences sociales. Il est chercheur à l'École des hautes études en santé publique (EHESP), à Rennes.

# Les ondes enregistrées grâce au portable

TECHNOLOGIE - Une application permet de mesurer l'exposition à la pollution électromagnétique

Invisibles, omniprésentes et « peut-être cancérigènes pour l'homme », selon l'Organisation mondiale de la santé. Telles sont les ondes électromagnétiques, notamment celles émises par une flopée d'outils de communication : mobiles, bornes Wi-Fi, appareils connectés en Bluetooth. Un projet de recherche original, ElectroSmart, propose d'en mesurer la présence grâce à un mobile (Android seulement). Développée par une équipe de l'Inria à Nice en collaboration avec le Laboratoire d'électronique, antennes et télécommunications (CNRS et université Sophia Antipolis), l'application a été lancée fin 2016 et téléchargée 2 000 fois.

Elle enregistre les ondes liées aux protocoles du GSM, de la 3G ou 4G, du Wi-Fi ou du Bluetooth. Un micro-ondes émettant pourtant aux mêmes fréquences que le Wi-Fi ne sera pas compté. Tout

comme les téléphones sans fil d'appartement, les ondes radio de la TNT ou de la FM ou les champs électromagnétiques des portiques de contrôle ou de sécurité.

« On ne connaît pas la nocivité de l'environnement électromagnétique, et notre but est que les utilisateurs puissent avoir des informations afin d'agir en coupant tel appareil ou en le déplaçant. Ça peut aussi rassurer les électrosensibles », indique Arnaud Legout, responsable du projet.

## Solution bon marché

Ainsi les connexions Bluetooth des kits mains libres d'une voiture peuvent dominer lors d'un trajet. Il n'existe pas d'autre solution pour estimer une exposition aujourd'hui sinon de coûteux appareils, délicats à utiliser. Des applications permettent de repérer les antennes relais ou Wi-Fi (comme OpenSignal, Network Cell

Info, Wifi Analyzer), mais elles influencent sur la qualité de service plus que sur les puissances reçues.

Le logiciel enregistre en continu les puissances rencontrées au long d'une journée (ainsi que la géolocalisation et l'orientation du téléphone dans l'espace). Sur l'écran, des vagues colorées résumant l'exposition au cours du temps et permettent de savoir quel protocole ou quel appareil est responsable de la puissance. L'ergonomie peut surprendre. La puissance est exprimée en dBm, décibels-milliwatt. C'est-à-dire la puissance mesurée par rapport à un milliwatt (qui plus est en logarithme). Le nombre peut donc être négatif (au-dessous de un milliwatt) ou positif (au-dessus), ce qui est rare, à moins d'être très près des émetteurs. « Nous voulons aussi ajouter des comparaisons avec des niveaux moyens, dès que nous aurons plus d'utilisateurs », explique Arnaud

Legout, qui envisage aussi prochainement d'indiquer si le mobile est lui-même émetteur.

Devant la carte de France collectant ces données, le chercheur est déjà satisfait. Il a déjà été contacté par des collectivités locales souhaitant disposer d'informations simples sur ces sujets parfois sensibles. Le projet a reçu l'aval du comité d'éthique de l'Inria, et les données recueillies sont déclarées à la CNIL et restent hébergées sur un serveur interne au laboratoire.

ElectroSmart pourrait aussi intéresser des professionnels pour des mesures rapides sur le terrain ou des médecins pour des études épidémiologiques. « Jusqu'où peut-on aller dans la précision ? c'est un défi pour la recherche », estime Arnaud Legout, en quête d'un ingénieur rompu aux subtilités des matériels fonctionnant sous Android pour poursuivre son projet. ■

DAVID LAROUSSE



# Quand l'école de la vie s'invite en classe

► SUITE DE LA PREMIÈRE PAGE

En France, le concept reste méconnu. Pour autant, ces programmes commencent à être expérimentés en milieu scolaire. C'est même un champ éducatif « en plein essor », assure Béatrice Lamboy, docteure en psychologie clinique. « Cette prise de conscience de l'importance de développer les compétences psychosociales des enfants est assez récente en France. Mais elle progresse très vite », confirme Pascale Haag, psychologue, maître de conférences à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS, Paris).

D'où vient cet engouement? « Des centaines d'évaluations des programmes internationaux de renforcement de ces compétences, et plusieurs méta-analyses, ont montré leurs bénéfices à court et long terme », indique Béatrice Lamboy. Ils réduisent les problèmes anxio-dépressifs et de comportement; permettent un meilleur développement psychologique; limitent les addictions au tabac, à l'alcool, aux drogues; réduisent les comportements violents, agressifs, délinquants... Enfin, ceux qui en bénéficient ont de meilleurs résultats, et améliorent leurs diplômes et leur insertion dans la société. « Nos comportements prosociaux durant l'enfance prédiraient mieux notre niveau de revenus à l'âge adulte que notre QI », note Maria Melchior, épidémiologiste à l'Inserm.

## Des bienfaits confirmés

Deux exemples de programme, parmi bien d'autres. Life Skills Training est développé depuis plus de vingt ans aux États-Unis, chez les 8-11 ans ou les 11-14 ans, en milieu scolaire. Une quinzaine d'études ont montré son efficacité. Le taux de consommation de cannabis, d'alcool et de tabac serait 59 % à 75 % plus faible dans le groupe ayant bénéficié du programme, par rapport à un groupe contrôle. Cette réduction se maintiendrait à 45 % six ans après.

Le Bullying Prevention Program a été développé en Norvège pour réduire les conflits dans les écoles. En 1984-1985, il a été évalué auprès de 2500 jeunes. Huit et vingt mois après l'intervention, le nombre de jeunes ayant déclaré avoir commis des brutalités ou en avoir été victimes était réduit de moitié. Il y avait aussi moins de vandalisme, de bagarres, de vols, d'états d'ivresse... En Angleterre, en Allemagne, aux États-Unis, ce programme a confirmé ses bienfaits.

Comment adapter ces interventions au contexte français? Comment les déployer? Les Pays de la Loire font figure de pionniers. Une expérimentation a été lancée par l'agence régionale de santé (ARS) et le rectorat de Nantes, en partenariat avec l'enseignement catholique. Son but: transférer aux enseignants (CM1, CM2 et 6<sup>e</sup>) les aptitudes à développer ces compétences chez leurs élèves. L'Ireps, qui a conçu un Cartable des compétences

psychosociales (CPS), forme les enseignants et co-intervient en classe.

« A ce jour, plus de 6 000 élèves et plus de 240 enseignants de la région ont eu accès à ce Cartable des CPS. L'ARS consacre 250 000 euros par an, sur trois ans, à cette expérimentation », précise Daniel Rivière, de cette ARS. Vaut-il mieux qu'un éducateur pour la santé et un enseignant co-intervient en classe? Que les enseignants reçoivent une formation initiale, continue ou à distance?

Retour à l'école Beausoleil. Après le rituel de la « boule de feu », on entre dans le vif du sujet. « Je suis en colère et je me calme »: tel était l'objet de la séance. Les élèves sont répartis en trois groupes. Autour d'une table, huit élèves et deux adultes planchent. Théo s'essaie à mimer « avoir les oreilles en feu ». Pour Victor, ce sera « être rouge comme une tomate ». Claire pioche « se sentir comme un volcan en éruption ». Pas facile... « Qui peut raconter quand il a été en colère? », demande Cécilia, l'animatrice de l'Ireps. « Quand j'ai beaucoup révisé et que j'ai eu une mauvaise note! », lance Margot.

« Comment savez-vous que vous êtes en colère? Et comment repérer la colère chez les autres? », poursuit l'animatrice. Le cœur bat plus vite, la voix devient grave, les sourcils se froncent... Chacun y va de son symptôme. Ensuite, Cécilia demande à chacun d'écrire sur des Post-it ses idées pour « redescendre du toboggan de la colère ». « Moi, c'est de taper sur mon petit frère qui me soulage. Il chouïne, je rigole tranquillement », dit Raphaël, à la tête d'ange. « Il y a d'autres façons de faire, tout de même », plaide Cécilia. Des idées plus clémentes fusent: faire des câlins à son chat, crier dans l'oreiller, s'isoler, jouer dans sa chambre, faire du ping-pong... « Je respire fort et doucement », propose Solenn, la maîtresse.

Une fois descendu du toboggan, qu'est-ce qu'on peut faire? « S'excuser », « faire la paix », disent les enfants. « Parler, aussi, simplement », suggère Cécilia. Puis on passe aux « cartons de retour au calme ». Chacun tire un carton. Pour décoller, la « sauterelle » propose de sauter 25 fois sur place. Le « journaliste », de raconter sa colère. « L'artiste », de la dessiner. Le « zen », de répéter 10 fois dans sa tête, les yeux fermés: « Je suis calme, détendu... »

La séance tire à sa fin. Le cercle se reforme. Chacun dit s'il a aimé ou non l'atelier – il y a une bonne majorité de oui. Et c'est le rituel de clôture: l'animatrice lit une page des *Petits Délices*, d'Elisabeth Brami, un livre sur les plaisirs partagés. « Bonne journée, on se revoit dans deux semaines », conclut Cécilia.

Réactions à chaud des enfants. « On arrive à se comprendre, à savoir ce qui énerve l'autre », relève Elouan. « J'ai bien aimé, on pouvait dire tout ce qu'on ressentait. Mais plein de monde n'écoutait pas », dit Romane. « Moi j'aime le rituel du début, ça nous donne de l'énergie », renchérit sa copine Romane.

**« NOS COMPORTEMENTS PROSOCIAUX DURANT L'ENFANCE PRÉDIRAIENT MIEUX NOTRE NIVEAU DE REVENUS À L'ÂGE ADULTE QUE NOTRE QI »**

MARIA MELCHIOR  
ÉPIDÉMIOLOGISTE À L'INSERM

« Pour les plus timides, cette approche accélère la mise en relation avec les autres, analyse Solenn. Elle nous donne aussi un autre regard sur nos élèves. » Pas facile, pour autant, de mesurer ses effets à court terme. « Nous étions demandeurs de cette approche en réponse à des comportements difficiles en cour de récréation », explique le directeur, Jean-François Bretagne. Son école accueille des élèves de milieux plutôt favorisés.

Quels sont les établissements qui bénéficient de ces interventions. « Être situé dans un quartier prioritaire est un critère, mais ce n'est pas le seul », observe Cécilia. Au rectorat, Jean-Yves Robichon en atteste: « Nous sommes dans une logique de

## « C'EST UNE RUPTURE AVEC L'ENSEIGNEMENT MAGISTRAL »

Béatrice Lamboy, docteure en psychologie clinique, est présidente de l'Association francophone d'éducation et de promotion de la santé (Afeps). Elle enseigne les compétences psychosociales à l'université.

**Les compétences psychosociales (CPS) sont ces ressources intérieures qui nous aident à vivre en société. Depuis trente ans, les pays anglo-saxons ont déployé des programmes visant à les renforcer, à l'école notamment. Qu'en est-il aujourd'hui en France?**

Depuis environ cinq ans, les régions développent de tels programmes. Il y a une prise de conscience que ces aptitudes sont incontournables pour le bien-être, la santé mentale et la réussite éducative, mais aussi dans la prévention des conduites à risque, des violen-

ces et des addictions. A l'intérêt manifeste de nombreuses agences régionales de santé, se joint une demande croissante de l'éducation nationale. Pour autant, on ne dispose pas de bilan national. Ce sont encore des expérimentations, des initiatives locales. Le point d'achoppement reste la rencontre entre le monde scientifique, qui développe et utilise des programmes validés à l'international depuis plus de vingt ans, et le monde local francophone, qui expérimente des approches de terrain.

### Quels sont les freins?

Il n'y avait pas de programmes « clés en main » structurés, conçus et validés en France. Il a donc fallu récupérer des programmes développés dans des pays anglo-saxons. Depuis 2009, j'ai pu en expérimenter plusieurs en France. Souvent, ils n'ont pas fon-

ctionné comme nous l'espérons. Les programmes validés aux États-Unis sont culturellement marqués. Très structurés, ils utilisent des manuels très cadrés qui peuvent déranger les intervenants français, plus habitués aux échanges libres ou à la transmission de messages de prévention. Autre frein: certains de ces programmes sont brevetés. La formation à ces programmes et l'accès aux supports sont payants. En France, les instances régionales d'éducation et de promotion de la santé ou l'Afeps ne sont pas dans cette logique. Nous mettons les programmes que nous développons à la disposition du plus grand nombre.

### Quelles sont les conditions pour que ces programmes soient efficaces?

La qualité de l'adaptation et de

l'implantation locale est déterminante. Il faut aussi que ces interventions soient fidèles au contenu initial des programmes validés dont elles dérivent. Les éducateurs qui réalisent ces interventions doivent être bien formés. Il faut une équipe éducative cohérente entre les pratiques développées avec les enfants et celles mises en œuvre au quotidien par les adultes, dans la gestion de la classe ou de la cour de récréation, par exemple. On conseille généralement que ces programmes soient intégrés dans une dynamique globale de l'école.

Certaines initiatives, en France, sont parvenues à récupérer le meilleur des activités des programmes anglo-saxons validés et à les adapter au contexte français. Facilement utilisables, ces programmes sont très bien reçus.

### L'avenir n'est-il pas dans la formation des professeurs d'école à ces compétences?

Bien sûr. Ni l'école ni l'enseignement de la pédagogie ne peuvent faire l'impasse sur les compétences psychosociales. Mais ce sont des apprentissages en rupture avec l'enseignement magistral à la française. On ne peut pas rester dans une transmission verticale des savoirs.

Quand il s'agit d'éduquer à la régulation de la colère, par exemple, on travaille des savoir-faire, on touche au savoir-être: cela nécessite de passer par l'expérience, la pratique, les jeux de rôle... L'enseignant est, de fait, impliqué. Ainsi, intervenir dans les cursus d'enseignement publics ou privés des maîtres d'école reste un défi. Il n'y a pas encore de consensus sur les contenus à enseigner ni sur les moyens de les apprendre.

### Ces interventions doivent-elles cibler les quartiers difficiles?

Il a été bien montré que les CPS sont bénéfiques chez tout le monde. Si elles ne sont pas travaillées à l'école, elles dépendent de l'environnement familial. Or, dans certaines familles, la gestion des émotions et des relations aux autres est problématique. Il y a là une source d'inégalités énorme.

Le renforcement de ces compétences est destiné à tous, dans une logique de bien-être et de réussite éducative. Il a même été montré que l'insertion professionnelle et le bien-être au travail étaient meilleurs chez les adultes qui en ont bénéficié dans l'enfance. C'est un enchaînement vertueux qui est impressionnant. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR  
FL. R.





YASMINE GATEAU

## L'INHIBITION POSITIVE DU CERVEAU

Que se passe-t-il, dans notre cerveau, lorsque nous résistons à la pression d'autrui, aux tentations, aux distractions, ou encore à nos automatismes de pensée? Eh bien, nous inhibons! Mais il s'agit d'une inhibition positive. «Elle est la clé de notre adaptation à des situations conflictuelles. C'est elle qui nous évite les conduites asociales, qui sont souvent un chemin facile pour résoudre un problème. Au-delà, elle nous permet aussi une pensée créative», explique Olivier Houdé, professeur de psychologie à l'université Paris-Descartes et directeur du laboratoire LaPsyDÉ, au CNRS.

«A tous les âges, notre cerveau fonctionne avec trois systèmes», poursuit le psychologue. Le premier est le système des automatismes (système heuristique): il met en œuvre des stratégies toutes faites, très rapides et souvent très efficaces. Le second est le système des algorithmes exacts (système logique): il assure une pensée réfléchie, mathématique et plus lente. En 2002, Daniel Kahneman a reçu le prix Nobel d'économie pour la description de ces deux systèmes.

Mais en étudiant le cerveau des enfants et des adolescents, Olivier Houdé réalise que les deux premiers systèmes ne suffisent pas. «Il faut un système d'inhibition positive. Il a une fonction d'arbitrage. C'est lui qui interrompt le système des automatismes pour activer celui des algorithmes.» Ce système d'inhibition «s'éveille doucement durant l'enfance». Il est contrôlé par le cortex préfrontal, la partie la plus évoluée de notre cerveau.

### Enfermé dans des automatismes

Le problème est qu'on entraîne très peu ce système inhibiteur. A l'école, on accumule les règles logiques ou morales, les algorithmes. La plupart des politiques de prévention, en France, fonctionnent sur ces algorithmes: on rappelle les règles de bonne conduite. «Mais cela ne suffit pas.» Pourquoi? Dans notre cerveau, le système automatique domine très souvent (plus encore chez l'enfant et l'adolescent): il gouverne nos envies, la plupart de nos émotions... Nous sommes enfermés dans nos automatismes, même quand il s'agit de prendre des décisions économiques! «Les humains sont très peu rationnels.»

Quand ce système automatique est sollicité lors d'une tâche, c'est l'arrière de notre cerveau qui s'active, pour l'essentiel. Mais après un apprentissage qui agit sur le système des inhibitions, il y a une bascule cérébrale: c'est le cortex préfrontal qui s'active, pour prendre en charge cette même tâche.

«Au cœur du renforcement de nos compétences psychosociales, il y a notre capacité interne à inhiber certains automatismes, comme la violence ou les addictions. Mais cette inhibition ne se déclenche pas toute seule. Il faut des émotions particulières», relève Olivier Houdé. Car un enfant ou un adolescent n'a aucune raison d'inhiber des automatismes qui fonctionnent souvent, s'il n'éprouve pas des émotions sophistiquées, explique le chercheur, qui fut d'abord instituteur avant de se consacrer à la science. Par exemple, il faut qu'il puisse anticiper le regret qu'il aurait s'il avait suivi la pente de ses automatismes nuisibles. Ou encore, il faut qu'il soit curieux, qu'il ait envie de s'adapter autrement, par des stratégies plus réfléchies.

Certains apprentissages peuvent favoriser ces émotions. Ce sont «autant de leviers» pour une pédagogie d'un savoir-vivre en société. Autant de sources d'espoir, aussi, pour promouvoir la tolérance, le partage, l'altruisme... ■

FL. R.

réponse aux demandes des établissements.» Leur motivation est un élément-clé.

«On travaille pour l'avenir», espère Jean-François Bretagne. Pour Didier, enseignant en CM1, la mise en place de cette action a eu «dès l'an dernier des effets bénéfiques sur certains enfants. L'un d'eux, qui ne supportait pas la contradiction ni l'échec, a pu verbaliser la situation, comprendre le point de vue des autres». Mais ces activités en petits groupes demandent la disponibilité d'un grand nombre d'adultes, pointe-t-il.

Et hors du temps scolaire? «Ces interventions nous aident à construire des choses avec les élèves, comme les règles de vie dans la cour. En cas de conflit, elles aident les enfants à discuter, écouter l'autre, trouver un compromis», témoigne Jean-Louis, responsable éducatif de la ville de La Chapelle-sur-Erdre.

### De plus en plus de demandes

«La mairie nous accompagne», relève Jean-François Bretagne. Tous soulignent l'intérêt d'une approche plus globale. «Notre objectif est de décrocher nos actions de prévention en santé», dit Véronique Josse, coordinatrice du projet éducatif de La Chapelle-sur-Erdre. Par exemple, les directeurs des différents centres municipaux en lien avec la jeunesse (centre d'accueil et de loisirs, centre de la petite enfance, animation sportive...) suivent aussi des formations aux compétences psychosociales. L'idée? Qu'ils diffusent ces pratiques.

«Il faut travailler auprès de l'ensemble des communautés autour de l'enfant», confirme Anne-Léopoldine Vincent, médecin-conseil auprès du recteur de Nantes. La maison des adolescents (MDA) de Nantes est aussi partie prenante. «On dit que l'âge de 8-12 ans est idéal pour la prévention, mais en début de collège c'est toujours possible. En quatrième, c'est plus difficile», témoigne Yanna Le Pen, animatrice socioculturelle à la MDA. Elle co-intervient en collège pour renforcer les CPS. «Ce sont toujours des projets construits avec l'équipe pédagogique de l'établissement. Depuis un à deux ans, nous avons de plus en plus de demandes, souvent autour du vivre-ensemble.» Des ateliers ludiques permettant aux collégiens de mieux se connaître, dès l'entrée en sixième, peuvent aider à lutter contre le harcèlement.

Mais chez des enfants en difficulté, qu'apporte la démarche? Le 3 janvier, à l'école Beausoleil, un

élève n'a pas pipé mot. «C'est un enfant qui a des relations compliquées aux autres, le contexte familial est difficile», souligne Solenn. L'enjeu, dans son cas, serait un accompagnement familial. Avec cet écueil: les familles qui en auraient le plus besoin sont souvent les plus réticentes.

Des programmes ciblant les familles ont été développés. Parmi eux, un programme américain réputé, le Strengthening Families Program (SFP), conçu dans les années 1980. Il propose une série de séances pour accompagner les familles avec des enfants entre 6 et 11 ans, en groupe. «Le programme SFP est aujourd'hui déployé dans 35 pays», précise Corinne Roehrig, médecin de santé publique, thérapeute familiale. Son effet majeur démontré est la baisse des comportements à risque de l'enfant ou de l'adolescent. Il est le seul programme familial qui diminue les premières ivresses. Il améliore aussi le climat familial, diminue la consommation de psychoactifs chez les parents et les enfants... Sur le long terme, il accroît la réussite scolaire et diminue la délinquance.

Corinne Roehrig a adapté ce programme au contexte français. Il est aujourd'hui expérimenté dans 14 villes françaises, notamment en région PACA. La thérapeute se dit ravie de l'écho que

reçoit cette démarche. «Il y a vingt ans, quand j'allais dans les écoles pour en parler, on me prenait pour une ingénue...»

Tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes? Le psychiatre Xavier Pommereau, du CHU de Bordeaux, est convaincu de l'importance d'étayer les CPS chez les enfants et les adolescents. Former les professionnels qui les entourent est tout aussi essentiel. Pour autant, «il ne faut pas faire l'impasse sur l'effort de compréhension d'un problème repéré chez un enfant».

Le déploiement de ces programmes se heurte aussi à des résistances. «C'est un champ polémique, reconnaît Béatrice Lamboy. En France, on n'est pas formés à ces approches éducatives pragmatiques, qui livrent des méthodes concrètes et efficaces pour faire face à des situations de vie. On nous taxe parfois de comportementalistes.» Le diagnostic est connu: notre système éducatif est très orienté vers la transmission de savoirs intellectuels. Mais il évolue, notamment avec la loi de 2013 qui fait place au vivre-ensemble et au savoir-être.

«Beaucoup de sociologues ou de psychanalystes nous ont reproché de vouloir normaliser les comportements», confirme Béatrice Lamboy. Mais la norme éducative existe déjà! Le tout est de trouver les normes les plus favorables, celles qui permettent de favoriser l'épanouissement de tous.

«Il y a, derrière tout cela, un fond de "psychologie positive" dont l'objectif est de "rendre les jeunes heureux". Mais qu'est-ce que cela veut dire? Dans quelle mesure ne va-t-on pas conditionner des générations à se comporter comme des humains béats? C'est un peu caricatural, mais pas si absurde», estime le professeur Bruno Falissard, psychiatre, expert en santé publique et biostatisticiques à l'Inserm. «On peut s'interroger sur le caractère normatif de ces programmes, poursuit-il. Pour autant, ils sont sérieux et impressionnants par leur qualité et leur "praticabilité". Ce sont des outils très intéressants, qui répondent au standard nord-américain des interventions en santé "fondées sur des preuves".» C'est leur abus qui peut poser problème, juge-t-il. «En France, nous sommes très loin d'un tel abus. Mais le monde de l'éducation est parfois si imprévisible...» Pourrait-on lui prescrire un de ces programmes? ■

FLORENCE ROSIER,  
LA CHAPELLE-SUR-ERDRE (LOIRE-ATLANTIQUE),  
ENVOYÉE SPÉCIALE

### Les compétences psychosociales

**Sociales** Elles recouvrent la communication verbale et non verbale, c'est-à-dire l'écoute active, l'expression des émotions, l'empathie, la capacité à écouter et comprendre les besoins et le point de vue d'autrui, la gestion des conflits, la résistance à la pression d'autrui, la coopération, la capacité de persuasion.

**Cognitives** Il s'agit des compétences de prise de décision et de résolution de problème, de la pensée critique et de l'autoévaluation.

**Emotionnelles** Elles comprennent la gestion de la colère et de l'anxiété, la capacité à faire face à la perte, à l'abus et aux traumatismes. Mais aussi la gestion du stress: gestion du temps, pensée positive, maîtrise des techniques de relaxation.

Source: La Santé en action (revue de l'ex-INPES), n°431, mars 2015

## LE LIVRE

Apprivoiser  
l'attention

Expliquer les mécanismes cérébraux de l'attention à toute la famille. C'est le pari réussi du neuroscientifique Jean-Philippe Lachaux

**T**u ne peux pas faire un peu attention ? Ou encore : « Concentre-toi, tes résultats seront bien meilleurs. » Combien d'enfants ont souffert de ces remarques de leurs parents et de leurs enseignants, sans qu'ils aient la moindre piste pour s'y prendre autrement ? Avec son dernier ouvrage, Jean-Philippe Lachaux, chercheur à l'Inserm, spécialiste des troubles de l'attention, leur propose un manuel ludique, humoristique et drôlement bien fichu, qui les aidera sans doute, comme le promet le sous-titre, à « se concentrer dans un monde de distractions ».

La première partie du livre, sous forme de bandes dessinées, est accessible y compris aux tout-petits. Pourquoi chaque neurone a-t-il sa spécialité, et comment travaillent-ils en équipe ? Qui sont les chefs d'orchestre des cellules cérébrales et pourquoi sont-ils parfois débordés ? Et surtout comment faire pour maintenir son attention et lutter contre les (multiples) distracteurs auxquels nous sommes exposés ? Pas à pas ou plutôt page à page, Jean-Philippe Lachaux décrypte la vie intime des neurones et leur organisation, avec des images simples mais plaisantes (qu'il a lui-même dessinées), un vocabulaire adapté et des comparaisons qui font tilt. Être attentif, c'est arriver à maintenir sa concentration sur une cible, rester stable, un peu comme sur une poutre, explique-t-il.

Dans une deuxième partie, destinée aux enfants un peu plus grands, le chercheur reprend strictement les mêmes notions en y injectant un peu plus de neurosciences, sous forme de courts textes. Pour aborder le circuit de la récompense, Jean-Philippe Lachaux choisit ainsi l'image de neurones aimants, ces cellules masquées « qui essaient tout le temps d'attirer [votre] attention vers ce qui est amusant ou agréable ».

Même de rien, le neuroscientifique fait ainsi passer des notions complexes pour lesquelles il n'hésite pas à recourir à toute une série d'acronymes. Par analogie avec les spams qui polluent nos boîtes aux lettres et nous incitent à acheter quelque chose, Jean-Philippe Lachaux invite par exemple son lecteur à reconnaître les « pam », soit des messages envoyés par son cerveau pour qu'il « passe à autre chose qui a l'air mieux ». Une stratégie efficace pour faire prendre conscience des perpétuelles tentations – aller jouer, regarder son téléphone... – qui peuvent détourner l'attention de l'activité en cours.

Rester concentré, c'est rester connecté, malheureusement on ne peut pas être connecté à deux choses à la fois, martèle Jean-Philippe Lachaux. Sa conclusion est sans appel : « Il faut choisir. Rester concentré, c'est accepter de ne pas être partout à la fois. » A l'heure où les adultes sont tout autant que leurs enfants scotchés à des écrans et tentés par le multitâche, les messages de ces « petites bulles de l'attention » pourront être utiles à toute la famille. Un ouvrage à picorer ou dévorer sans modération, mais attentivement. ■

SANDRINE CABUT

*Les Petites Bulles de l'attention. Se concentrer dans un monde de distractions, de Jean-Philippe Lachaux (Odile Jacob, 116 p., 14,90 €).*

## LIVRAISON

ESSAI  
Alerte aux moustiques ?

Plus que le loup, que le crocodile, que le serpent, plus que l'homme lui-même, le moustique tue. Les maladies qu'il transmet (paludisme, dengue, chikungunya, Zika...) font plus de 700 000 morts par an. Or « il faut connaître son ennemi pour le combattre », affirment les auteurs. Ils détaillent ainsi les différentes espèces et les maladies qu'elles transmettent, leurs modes de vie et les moyens de lutter.

> « Alerte aux moustiques ? », de Frédéric Simard, Laurence Farraudière et André Yébakima (IRD/Scitap éditions, 80 p., 13,50 €).

UNE NOUVELLE  
COMBINAISON POUR  
LES ASTRONAUTES  
AMÉRICAINS

D'un beau bleu et plus chic que l'encombrant costume orange des astronautes de la NASA, la combinaison des futurs passagers de la capsule CST-100 Starliner de Boeing a été présentée, mercredi 25 janvier. Sans casque rigide et ne pesant que 9 kg, contre 13,6 kg pour les anciennes combinaisons utilisées à bord des navettes américaines et aujourd'hui à la retraite, elle est aussi plus confortable. Sa fonction ? Protéger d'éventuelles dépressurisations et pertes d'oxygène. Les sorties dans l'espace ne sont pas au programme. Sa présentation est intervenue quelques jours après l'annonce que la NASA avait posé des options supplémentaires pour des places à bord des Soyouz russes : le Starliner de Boeing, comme la capsule Dragon de SpaceX, les taxis privés qui devaient desservir la Station spatiale internationale à partir de 2018, ont pris un peu de retard.

(PHOTO: BOEING)



## IMPROBABLELOGIE

SURVIVRONS-NOUS  
À L'APOCALYPSE ZOMBIE ?

Par PIERRE BARTHÉLÉMY

**L**e *Journal of Physics Special Topics* est une revue scientifique pas comme les autres. Publiée une fois par an, elle est exclusivement composée d'articles rédigés par des étudiants en physique de l'université de Leicester (Royaume-Uni). L'idée consiste à préparer les futurs chercheurs aux joies de la publication scientifique et au processus du *peer review*, l'évaluation par les pairs. Ne paraissent donc que les études jugées les plus intéressantes. Les auteurs sont vivement encouragés à faire preuve de créativité et d'humour, à l'exact opposé de ce que préconisent les autres revues...

Dans la dernière livraison, publiée en novembre 2016, quatre étudiants, peut-être influencés par la série d'horreur *The Walking Dead*, ont tenté de simuler une apocalypse zombie en lui appliquant un modèle mathématique utilisé par les épidémiologistes, le SIR. Celui-ci s'intéresse à la vitesse à laquelle s'étend et s'éteint une infection au fur et à mesure que les individus entrent en contact les uns avec les autres : ceux-ci peuvent donc passer de la case S (comme « sain ») à la case I (comme « infecté ») puis à

la case R (comme « rétabli », mais aussi comme « repose en paix » si jamais la maladie l'a emporté).

Que se passe-t-il si, au lieu d'une banale épidémie de grippe, on a affaire à une épidémie de morts-vivants dont le vœu le plus cher est d'enrouler vos boyaux autour d'une barre à mine et de faire ensuite de vous un(e) de leurs congénères ? Pour le déterminer, nos étudiants ont misé sur une contagiosité deux fois plus importante que celle de la peste noire (sinon ce n'est pas drôle), tenu compte de la séparation des continents et estimé que les zombies, dont l'encéphale s'apparente à une vieille éponge moisie, oublient de manger et de boire et meurent pour de bon au bout de vingt jours.

Après avoir décidé que tout partait d'une seule personne (appelons-la, au hasard, Donald), ils ont fait tourner le modèle. Il faut vingt jours pour qu'une fraction visible des 7,5 milliards d'humains soit « infectée » mais, une fois que Donald a suscité beaucoup de vocations de brutes décerbrées et sanguinaires, tout s'enchaîne très vite : la transformation des humains en zombies s'effectue sur un rythme effréné. Les auteurs de l'étude n'ont pas tenu compte des naissances ni des morts naturelles, mais ils arrivent à la conclusion

qu'au bout de cent jours l'humanité, réduite à moins de 300 personnes, est à placer d'urgence sur la liste rouge des espèces menacées de l'Union internationale pour la conservation de la nature.

Cependant, ces chercheurs en herbe se sont aperçus que leur modélisation était par trop simpliste car elle ne prenait pas en considération la difficulté des morts-vivants à trouver de nouvelles proies à mesure que celles-ci se raréfient ni la capacité des personnes non infectées à faire sauter la tête d'un déterré à l'aide d'un fusil à pompe. Dans un second article, ces quatre étudiants ont donc affiné leurs calculs, et redessiné leurs courbes en conférant aux humains un droit de légitime défense et en accordant aux zombies une durée de survie d'un an, histoire de corser le jeu.

Dans ce cas de figure où la partie est plus équilibrée, il faut trois ans à la population zombie pour s'éteindre. L'humanité, quant à elle, finit par repartir après avoir frôlé l'extinction, et l'on peut raisonnablement penser qu'elle atteindra le niveau de 500 millions d'individus trente ans après l'apparition de Donald. Toute ressemblance avec des faits existants ou allant exister n'est qu'une pure coïncidence. ■

## AFFAIRE DE LOGIQUE N° 994

## Plus ou moins carré

Bob a écrit sur un tableau les carrés de tous les nombres entiers de 1 à un certain nombre N. Alice a le droit de choisir deux nombres et de les remplacer par leur somme ou leur différence, à condition que le résultat soit un nombre positif. Elle recommence jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'un seul nombre écrit. **Pour quelles valeurs de N ne peut-elle obtenir ni 0 ni 1 ?**

## SOLUTION DU N° 993

Une seule configuration ne permet pas d'atteindre l'objectif : celle où les sportifs sont en nombre impair et où tous utilisent les deux mêmes couleurs.

• Si plus de deux couleurs sont utilisées, il existe deux sportifs voisins S et T qui n'ont pas les deux mêmes casquettes. Ainsi, S possède par exemple une casquette rouge, dont la couleur est différente



de celles, par exemple verte et bleue, de T.

S met la casquette rouge, et on construit, de proche en proche, une suite de casquettes répondant à la question en partant de S, mais dans la direction opposée à celle de T. Ainsi, avec les notations de la figure, sont choi-

sées successivement les casquettes de R, Q, P... et ainsi de suite, jusqu'à revenir en U, puis enfin T, dont on est sûr que la casquette, différente de celle de U, ne sera pas rouge.

- Dans le cas où tous les sportifs ont les deux mêmes couleurs de casquettes :
  - il n'y a pas de difficulté à les alterner si les sportifs sont en nombre pair ;
  - ce sera en revanche impossible s'ils sont en nombre impair.

## Musique, jeux, énigmes policières... se prêtent aux maths

• **Inséparables : mathématiques et musique (le 17 février à Paris)**  
Certains musiciens ont essayé, plus que d'autres, de mêler mathématiques et musique. C'est le cas du compositeur américain Tom Johnson, dont les créations, via leur structure, explorent, expérimentent et enrichissent sans cesse la relation entre science et art. La soirée du vendredi 17 février (à partir de 18 h à l'Institut Henri-Poincaré, Paris 5<sup>e</sup>) se décomposera en deux temps : elle commencera par un exposé de Jean-Paul Delahaye, chroniqueur scientifique renommé, qui introduira à l'œuvre de Tom Johnson ; puis, en seconde partie, le musicien lui-même, présent avec la flûtiste Amélie Berson, présentera et commentera certaines de ses compositions.  
Informations sur [www.thp.fr](http://www.thp.fr)

• **Poitiers le 17 février, Paris le 19 février : le Kafemath s'étend**  
Kafemath, le désormais bien connu café mathématique parisien, élargit son champ.

- Après Saint-Brieuc, il se délocalise à Poitiers le 17 février à 20 h (au Saint-Paul de Vence, place Montierneuf) en vous proposant de « Jouer avec les triangles » en compagnie de François Dubois, son créateur. Quelques surprises géométriques en perspective !
- Le 19 février à Paris (à La Coulée Douce, rue du Sahel, Paris 12<sup>e</sup>), Alain Zalmanski parlera avec humour de « La pifométrie, science des mesures approximatives ».

Informations sur [www.kafemath.fr](http://www.kafemath.fr)

- « Le goût des maths » à Paris (épisode 3)  
Dans le cadre de la manifestation organisée dans les bibliothèques parisiennes (voir les rubriques précédentes), voici une troisième et dernière sélection d'événements.
- Le 22 février à 19h à la bibliothèque Marguerite-Durand (13<sup>e</sup>), Véronique Chauveau (de l'association Femmes et maths) et Catherine Goldstein (historienne) débattront autour des travaux des mathématiciennes et de l'égalité face aux mathématiques.
- Le 25 février à 11 h 30 à la Bibliothèque Parmentier (11<sup>e</sup>), Bob Garcia parlera de « Mathématiques du crime », ou comment résoudre les énigmes policières grâce aux maths.

Programme complet sur [bibliotheques.paris.fr/Default/le-gout-des-maths.aspx](http://bibliotheques.paris.fr/Default/le-gout-des-maths.aspx)

CARTE  
BLANCHELes statistiques  
sont-elles finies ?

L'étude empirique de la société repose sur deux piliers : l'enquête directe (par observation ou entretien) et l'enquête statistique. Or les statistiques ont perdu leur pouvoir, déclarait récemment le sociologue William Davies (Goldsmiths College, université de Londres) dans un long article du *Guardian* : « How Statistics Lost Their Power ». Non seulement une partie de nos concitoyens n'y croit plus, mais l'argument statistique les radicalise : expliquer, chiffres à l'appui, que, non, la France n'est pas en voie d'islamisation les conduit à y croire encore plus.

À l'origine, au XVIII<sup>e</sup> siècle, les statistiques étaient à la population ce que la cartographie était au territoire : une technique de gouvernement mobilisée par les jeunes Etats centralisés. Et l'échelle du comptage, c'est la nation. Les statisticiens et les responsables politiques envisagent alors les individus « du point de vue de l'Etat », en faisant abstraction de leur individualité. Pour William Davies, voilà le point faible de l'argument statistique aujourd'hui : en pensant la société comme un tout, les statisticiens ne disent rien de mon vécu intime et particulier. Or je peux être persuadé – par exemple – de voir des immigrés partout, et l'argument scientifique qui me contredit sonnera d'autant plus comme une insulte qu'il proviendra d'experts niant la pertinence de mon expérience.

Cette non-pertinence du chiffre n'est pas qu'une vue de l'esprit : les grandes catégories statistiques qui servent habituellement à décrire le cours des choses ont été construites il y a parfois plusieurs dizaines d'années et peinent à bien décrire la société d'aujourd'hui. Prenons le taux de chômage, écrit le sociologue britannique : sa baisse ou sa stabilité sont célébrées comme un succès politique alors même que ce que vit une partie des personnes qui ont un travail, c'est le sous-emploi. Travail à temps partiel subi, surqualification (être surdiplômé par rapport au travail réalisé) et autoentrepreneuriat rendent le taux de chômage moins pertinent. Il lui manque une mesure de l'intensité, de la zone grise entre le chômage et l'emploi au sens plein. Mesure qui existe, mais qui entre rarement dans l'argumentation politique.

## Des big data opaques

Parallèlement, d'autres descriptions quantifiées du monde se mettent en place, qui ne sont pas produites à partir du consensus des statisticiens et sociologues, mais directement à partir des enregistrements numériques des individus (achats par carte de crédit, clics sur Internet...). Ces big data, nommés ainsi parce qu'ils agrègent un volume gigantesque de petites traces, reflètent de près nos activités. Mais, alors que l'Etat était le garant de l'intérêt général, les entreprises produisant ces données ne garantissent – à leurs investisseurs – que leur intérêt particulier.

La privatisation de la description de la société conduit à l'opacité : les entreprises n'ont aucun intérêt à dévoiler leurs connaissances, pas plus que les notables locaux du XVIII<sup>e</sup> siècle ne s'ouvraient au regard centralisateur du roi qui voulait connaître l'état de santé de la population ou le montant des récoltes. Elles produisent des typologies par hashtags, où les #Fillon2017 ne sont pas des #Fan-Beyoncé, mais sans que ces résultats soient transférables à d'autres secteurs du monde social. La cumulativité des connaissances disparaît : la société n'est plus transparente à elle-même. Et William Davies est sceptique : ni les institutions politiques actuelles ni les actions collectives n'arriveront à imposer le passage des big data privés dans le domaine public.

Défiance d'un côté, opacité de l'autre : entre ces deux adversaires, l'exercice public de la statistique va devoir devenir un sport de combat. ■

## Baptiste Coulmont

Sociologue et maître de conférences à l'université Paris-VIII et chercheur à l'Institut national d'études démographiques (INED) (<http://coulmont.com>)

Diabète : il faut abroger les lois obsolètes  
qui autorisent les discriminations professionnelles

**TRIBUNE** - Des réglementations anciennes ferment aux diabétiques l'accès à certains métiers. Associations et patients demandent la levée de textes ne tenant pas compte des progrès thérapeutiques

Aujourd'hui, le diabète est la première maladie chronique en France, avec près de 4 millions de personnes touchées. Cette maladie nécessite une maîtrise quotidienne de l'équilibre glycémique. Les personnes qui ont un diabète doivent se plier à un certain nombre de restrictions, adaptations et compensations pour vivre et travailler comme les autres, mais aussi pour éviter les complications.

Ces dernières années ont été marquées par des progrès technologiques majeurs pour les patients. Les dispositifs d'auto-surveillance glycémique – couplés à des modalités de traitement adaptées à chacun et au développement de l'éducation thérapeutique – sont aujourd'hui plus simples à utiliser et permettent un contrôle plus précis et efficace.

Tout cela concourt à faciliter et à améliorer la gestion du diabète, et à en minimiser l'impact sur la vie ou la formation professionnelles des patients. Pourtant, de nombreuses personnes ayant un diabète rencontrent des limitations dans l'accès à l'emploi ou l'évolution de leur vie professionnelle. Des représentations erronées de la maladie entraînent pressions, licenciements abusifs, mises à l'écart...

Les témoignages sont nombreux et les discriminations sur le lieu de travail se traduisent également en chiffres. Selon l'enquête « Diabète et travail », réalisée par la Fédération française des diabétiques du 8 au 22 avril 2013, 16 % des

personnes interrogées estiment ainsi avoir été victimes d'une discrimination liée à leur diabète dans leur vie professionnelle, pour l'accès à l'emploi, ou lors d'un recrutement ; 23 % estiment avoir été victimes d'une discrimination dans leur vie professionnelle à la découverte de leur diabète ; et 33 % ont décidé de cacher leur diabète au travail par crainte d'être mis à l'écart ou de rencontrer des difficultés.

Certains corps de métiers sont particulièrement touchés par cette discrimination. Les différents exercices des métiers de marin, ingénieur des Mines, policier, pilote, personnel navigant commercial, contrôleur de la SNCF ou de la Sécurité sociale, pompier... sont aujourd'hui hors de portée des jeunes qui ont un diabète en France.

Cette marginalisation est due à une réglementation obsolète, déconnectée des progrès thérapeutiques et des conditions actuelles de travail. A titre d'exemple, un arrêté du 23 février 1957 encadrant le travail des ingénieurs des Mines exclut les candidats ayant un diabète. Il est urgent de faire évoluer ces textes réglementaires et législatifs dépassés, afin de lever leurs restrictions inadéquates et à l'origine de discriminations injustifiables.

Mobilisé sur ce sujet depuis plusieurs années, notre groupe d'experts a choisi de s'associer à la Fédération française des diabétiques et à l'association Aide aux jeunes diabétiques (AJD) pour la réalisation d'une campagne de lutte contre ces réglementations dis-

UN ARRÊTÉ  
DU 23 FÉVRIER 1957  
ENCADRANT  
LE TRAVAIL  
DES INGÉNIEURS  
DES MINES EXCLUT  
LES CANDIDATS  
AYANT UN DIABÈTE

crimantes d'accès à la formation et au travail pour les personnes qui ont un diabète. En quelques jours seulement, près de 35 000 de nos concitoyens ont répondu à l'appel des associations sur le site [Jefaisunvœu.fr](http://Jefaisunvœu.fr). La mobilisation forte suscitée par cette campagne est le signe de son évidente actualité.

Le 24 janvier, interrogée par Véronique Massonneau, députée écologiste de la Vienne, Marisol Touraine, ministre des affaires sociales et de la santé, a partagé ce constat en reconnaissant que « les textes d'aptitude ne correspondent pas à la réalité médicale et à la réalité des soins » et en indiquant : « Le gouvernement est favorable à ce que ces textes évoluent et que soient revues complètement les conditions d'aptitude pour un certain nombre de métiers au regard des personnes diabétiques et, le cas échéant, de personnes souffrant d'autres pathologies. »

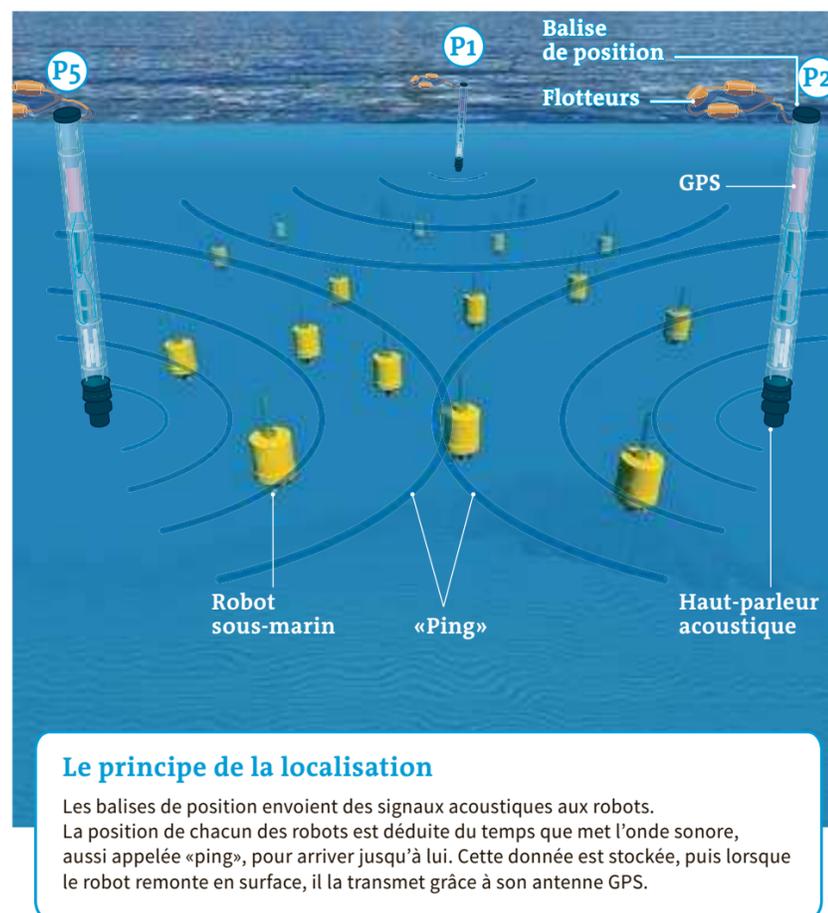
Nous remercions M<sup>me</sup> la ministre de cet engagement et attendons désormais la mise en place rapide des dispositions nécessaires suivantes : actualiser la réglementation discriminatoire, notamment pour la police, le corps des ingénieurs et le personnel navigant commercial ; passer d'un cadre restrictif a priori à un cadre ouvrant l'accès à toutes les professions, sur la base d'une évaluation individuelle, notamment pour les personnes ayant un diabète insulino-indépendant ; créer un groupe interministériel qui réévalue au moins une fois par an, en tenant compte des évolutions technologiques et médicamenteuses, les textes réglementant l'accès des personnes diabétiques à certaines professions.

La fin de mandat approche et il est important que cette problématique soit réglée rapidement. Nous restons donc à la disposition de Marisol Touraine pour l'accompagner dans ces réformes nécessaires. ■

¶ Les membres du groupe d'experts « Diabète et vie professionnelle »  
**Dr De Kerdanet**, pédiatre diabétologue et président de l'Aide aux jeunes diabétiques ; **Dr Cahané**, diabétologue ; **Dr Charpentier**, diabétologue et président du CERITD ; **Dr Vandevor**, médecin du travail à Caen ; **Erick Maville**, fondateur de Santé en entreprise ; **Gérard Raymond**, président de la Fédération française des diabétiques.

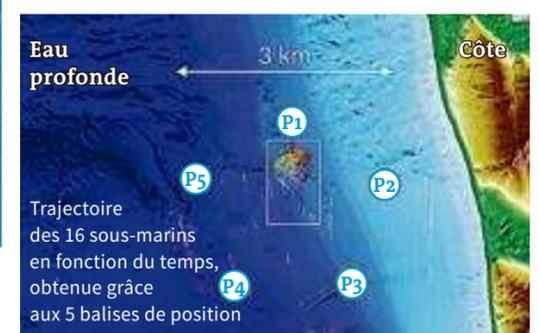
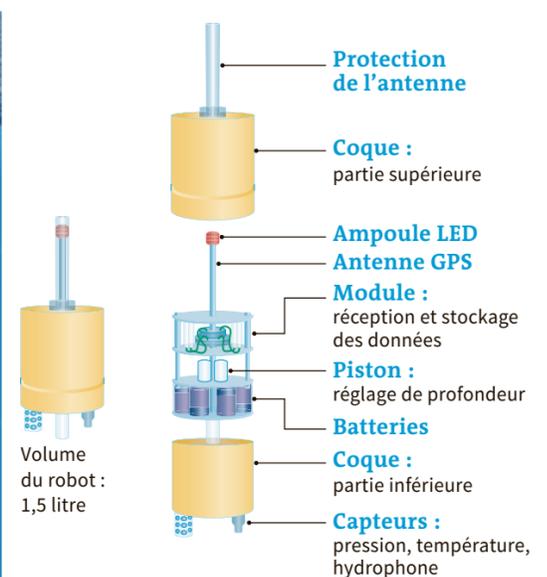
Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à [sciences@lemonde.fr](mailto:sciences@lemonde.fr)

## UN ESSAIM DE ROBOTS AUTONOMES POUR ÉTUDIER LES OCÉANS



## Le principe de la localisation

Les balises de position envoient des signaux acoustiques aux robots. La position de chacun des robots est déduite du temps que met l'onde sonore, aussi appelée « ping », pour arriver jusqu'à lui. Cette donnée est stockée, puis lorsque le robot remonte en surface, il la transmet grâce à son antenne GPS.



INFOGRAPHIE : PHILIPPE DA SILVA SOURCE : NATURE COMMUNICATIONS

Des petits robots sous-marins, imaginés par une équipe de chercheurs californiens et présentés dans la revue *Nature Communications*, permettent d'étudier la dynamique des océans mais aussi de mieux comprendre leur

évolution biologique. Deux principaux modes de fonctionnement existent : ces ludions autonomes peuvent simplement être placés à une position de départ dans l'océan, et l'étude de leurs déplacements renseigne sur les diffé-

rentes ondes et courants agissant à cet endroit. Autre possibilité, l'essai peut être contraint de rester à une certaine profondeur afin de mimer des phénomènes biologiques, comme l'accumulation du plancton. « C'est une réelle

avancée, cela permettra d'affiner nos modèles avec de nouveaux paramètres », se réjouit Jonathan Gula, maître de conférences à l'Institut universitaire européen de la mer. ■

DONOVAN THIEBAUD

# Hélène Courtois, cosmographe intergalactique

**PORTRAIT** - L'astrophysicienne ayant contribué à la description du superamas de galaxies nous entourant a cartographié un vaste désert qui concourt aux mouvements cosmiques

Ce jour pâle d'hiver, dans son bureau à larges baies vitrées niché au quatrième étage du bâtiment Paul-Dirac du campus de la Doua de l'université Lyon-I, l'astrophysicienne Hélène Courtois affiche son impatience. « Je me lasse d'expliquer ce que je sais. Je trouve cela moins intéressant que d'expliquer ce qu'on vient de trouver. C'est pour cela qu'au planétarium j'aime expliquer les savoirs émergents », confie-t-elle, évoquant son implication auprès du public du planétarium de Vaulx-en-Velin, dont elle est marraine.

« Si je dois prendre du temps sur ma recherche, ce n'est pas anodin. Cela me grève dans ma compétition », insiste-t-elle. Elle tient à s'investir pleinement dans son travail de cosmographe au sein de l'équipe internationale de recherche Cosmic Flows (« flux cosmiques »). En 2014, ces chercheurs avaient révélé en images 3D animées le superamas de galaxies, baptisé Laniakea, au sein duquel est tapie notre Voie lactée. La revue *Nature* en avait fait sa « une ». Dans *Nature Astronomy*, mardi 1<sup>er</sup> février, l'équipe propose une cartographie élargie du groupe local de galaxies, qui révèle les flux en son sein engendrés par un « grand attracteur », mais aussi – c'est là la grande nouveauté – par un « grand répulseur ».

De quoi écrire une page supplémentaire de l'histoire du cosmos et couronner de succès la carrière de cette femme de 46 ans, dont le regard recèle un mélange de détermination, de froideur et d'inquiétude. « Elle est volontaire, foncée et persévérante. C'est un modèle d'accomplissement pour les femmes voulant réussir dans la recherche. Elle a su concilier vie de famille, évolution professionnelle et enseignement », témoigne Françoise Combes, de l'Observatoire de Paris. « C'est très important qu'il y ait des physiciennes comme elle dans notre domaine, qui soient visibles à l'université mais aussi dans l'enseignement », renchérit Valérie Lippert, de l'Institut d'astrophysique de Paris. « C'est comme si elle avait assemblé un train avec différents wagons et qu'elle nous tractait », complète Daniel Pomarède, du Commissariat à l'énergie atomique, en référence à Cosmic Flows.

Son Graal? Le grand attracteur, une mystérieuse région extragalactique dense, composée de matière noire et vers laquelle volent, à 630 km par seconde, la Voie lactée ainsi que sa voisine Andromède. Il a été identifié en 1988 par les « sept samourais », surnom donné aux auteurs de cette découverte. Il expliquait la déviation, observée quelques années plus tôt, des trajectoires de ces galaxies par rapport à celle qu'elles devraient suivre si elles n'étaient mues que par l'expansion de l'Univers.

Hélène Courtois veut percer ce mystère. Elle raconte sa quête dans *Voyage sur les flots de galaxies* (Dunod, 2016), un récit vivant entrecoupé de digressions techniques. « La découverte des mondes extragalactiques m'enchantait », écrit-elle au sujet de sa rencontre avec le grand attracteur, dans le cadre de sa thèse, au début des années 1990. Je visualise un tout petit coin d'Univers auquel les cosmologues ont donné le nom de groupe local où notre galaxie et ses deux proches voisines – la galaxie d'Andromède et la galaxie du Triangle – évoluent avec leur cortège de galaxies naines satellites, telles des reines gracieuses entourées par une cour frétilante. »

Cet enchantement avait une source plus ancienne : au lycée, une prof de physique lui avait révélé l'origine cosmique de nos atomes. Sa voie vers l'astrophysique est alors tracée. Pour sa thèse, elle décide de partager son



Hélène Courtois, en 2014, à Vaulx-en-Velin.

MARION PARENT

temps entre le laboratoire de l'astrophysicien Georges Paturel, à l'Observatoire de Lyon, et le laboratoire de Warrick Couch, à l'université de Nouvelle-Galles du Sud en Australie. Elle accède ainsi au radiotélescope Parkes, le plus performant de l'époque pour l'observation des vitesses des galaxies du ciel du Sud. Elle calcule leur trajectoire en direction du grand attracteur à partir des données qu'elle collecte. A la fin de sa thèse, en 1995, la jeune cosmographe parvient à placer 1376 galaxies sur sa première carte dynamique, « trois fois plus que les sept samourais », se réjouit-elle dans son livre.

Mais à la fin du siècle, ses instruments de mesure se mettent à lui faire défaut. La modernisation du télescope Parkes le rend en effet inutilisable durant plusieurs années, tandis que le Green Bank Telescope (GBT), qui permet d'observer le ciel du Nord depuis la Virginie occidentale, aux Etats-Unis, est en chantier à la suite de son effondrement en 1988. Hélène Courtois ne se décourage pas pour autant et affine ses outils. Durant son année de post-doctorat, à l'Institut Max-Planck en Allemagne, elle développe ses compétences en algorithmes et réalise des simulations. De retour à la Lyon en 1997, elle entreprend de scruter les supernovae. En observant l'évolution de la brillance émise lors des explosions d'étoiles géantes, elle confirme avec ses collègues du consortium SNLS que l'expansion de l'Univers s'accélère, comme cela avait été prédit en 1998. Elle contribue aussi à affiner, grâce à ce travail, le calcul de la constante de Hubble qui traduit cette expansion.

La reconstruction du GBT et la remise en service du télescope Parkes au milieu des années 2000 lui insufflent un nouvel élan. Durant l'année 2006-2007, elle s'expatrie aux Etats-Unis pour recueillir des données d'observation sur le GBT et cartographier l'ensemble du ciel, en complétant les données du ciel austral par celles du ciel septentrional. Elle séjourne également à Hawaï, auprès de l'astrophysicien Brent

Tully, un pionnier de la cartographie des galaxies de l'Univers local. Là, elle accède au télescope optique situé sur le volcan Mauna Kea, à 4200 m d'altitude. Dans des conditions d'observation rendues optimales par l'altitude et la pureté de l'air, elle y mesure la brillance des galaxies qui, combinée à la vitesse, permet le calcul de la distance qui nous sépare d'elles.

En 2006, elle crée Cosmic Flows, rejoint par Yehuda Hoffman de l'Université hébraïque de Jérusalem, spécialiste de la cartographie des courants cosmiques, puis par le cosmographe Daniel Pomarède. Ensemble, ils cartographient les flux de 8000 galaxies, en étudiant leur mouvement le long de vallées et de plaines cosmiques, et proposent une nouvelle représentation de notre proche univers, baptisé Laniakea, « Paradis incommensurable » en hawaïen. Jusqu'alors positionnée dans l'amas de la Vierge, la Voie lactée y est représentée au sein d'un superamas de galaxies, s'étendant sur 520 millions d'années-lumière et délimité par les lignes de partage des flux des galaxies. La description du « grand répulseur » complète cette vision dynamique du cosmos.

Ces « savoirs émergents », comme elle aime les nommer, ne doivent pas rester l'apanage des scientifiques. Leur vocation est aussi d'éclairer le citoyen, conçoit-elle. « Par leur travail, les chercheurs contribuent à l'éducation, faisant front contre l'obscurantisme », n'hésite-t-elle pas à écrire dans son livre. Un rôle qu'elle endosse avec ferveur à l'université, où elle promeut l'enseignement de l'astrophysique, comme au planétarium de Vaulx-en-Velin, qui consacre, dans son exposition permanente, un espace à ses travaux. Intitulé « L'Univers en questionnement », il est réactualisé au fil de l'évolution de ses cartographies, afin de fournir au visiteur un accès direct à la science en train de s'élaborer. Et à Hélène Courtois la gratification d'une mission bien accomplie. ■

CATHERINE MARY

COLLECTION  
« VOYAGE DANS  
LE COSMOS »

## A l'origine, un grand rebond plutôt qu'un grand boum ?

Remontez le plus loin possible à l'origine du cosmos. Avant la création de la matière, avant même la phase d'inflation catastrophique que notre Univers a probablement subi quand il n'était âgé que d'un milliardième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde. Vous tombez sur ce que les physiciens appellent une singularité, c'est-à-dire un point de taille infinitésimale contenant toute l'énergie de l'Univers en devenir. Cette étrange singularité, c'est la première « chose » qui a existé dans notre Univers. Mais qu'y avait-il avant ? Dans le cadre de la théorie de la relativité générale d'Einstein, la question est sans objet : le temps et l'espace ont été créés au moment du Big Bang. Il n'y avait donc pas d'« avant ».

Mais oublions un instant la relativité générale et utilisons seulement la physique quantique. Cet ensemble de théories qui décrit à merveille le monde de l'infiniment petit devrait pouvoir appréhender cette chose infinitésimale, montrer comment elle surgit, et donc ce qu'il y avait avant. Or elle échoue : devant elle, les équations n'ont plus aucun sens. « En physique quantique, la singularité est ce que l'on appelle une pathologie mathématique », explique Aurélien Barrau, astrophysicien au laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de l'université de Grenoble. « Ce qui nous fait dire non pas qu'il n'y a rien à chercher avant le Big Bang, mais qu'il y a peut-être quelque chose qui ne marche pas dans nos calculs. »

### Modèles alternatifs

Les physiciens ont donc cherché des modèles alternatifs. En élaborant des théories dites de gravité quantique, qui permettent de décrire la force de gravité dans le monde des quantas – chose impossible avec la relativité –, ils se sont aperçus que la singularité pouvait disparaître. Et avec elle le Big Bang. « Selon la théorie des cordes par exemple, l'Univers a toujours existé, mais dans un état latent, inactif. C'est une transition de phase qui l'a fait gonfler. Dans une autre théorie, la gravité quantique à boucles, le Big Bang est remplacé par un Big Bounce, un grand rebond, dit Aurélien Barrau. Ce qui signifie qu'après une phase de contraction, l'Univers a rebondi pour entrer en expansion. Ce que nous prenons pour l'origine de l'Univers serait donc le moment d'inflexion entre la phase de contraction et la phase d'expansion, une sorte de goulet d'étranglement. »

Même s'il ne fait pas l'unanimité, le Grand Rebond marche plutôt bien... sur le papier. Reste à le valider par l'observation. Mais laquelle? « Il se pourrait que le rebond ait laissé une empreinte sur le fond diffus cosmologique, c'est-à-dire la première lumière émise par l'Univers et dont nous voyons la trace sous la forme d'un rayonnement micro-ondes », explique Aurélien Barrau. Cette signature particulière pourrait être détectable sous la forme d'une certaine polarisation de la lumière. »

Trop subtile pour être captée par le satellite Planck qui scrute actuellement le fond diffus cosmologique, elle pourrait être à la portée d'un « super Planck », beaucoup plus sensible que son prédécesseur. Cela pourrait être le cas de CORE (Cosmic Origins Explorer), une mission qu'étudie l'Agence spatiale européenne et dont la sensibilité atteindrait 30 fois celle de Planck. Autre candidat : Pixie (Primordial Inflation Explorer), une mission du même type sur laquelle planche actuellement la NASA. Dans les rangs également, le japonais LiteBird, déjà présélectionné par l'agence spatiale japonaise. Lancement de ces explorateurs des origines : pas avant 2025. ■

LOUISE MUSSAT



9,99 €, en vente le 1<sup>er</sup> février.