



## « Serious games », jeux sérieux ?

Ces jeux vidéo, conçus par milliers pour améliorer l'apprentissage des enfants et des adultes, ne remplissent pas tous leur objectif. **PAGE 2**



**L'hélico le plus rapide du monde bientôt à la retraite** Le X3, girodyne qui a battu, le 7 juin, le record de vitesse en atteignant 472 km/h, effectue ses dernières heures de vol. **PAGE 3**

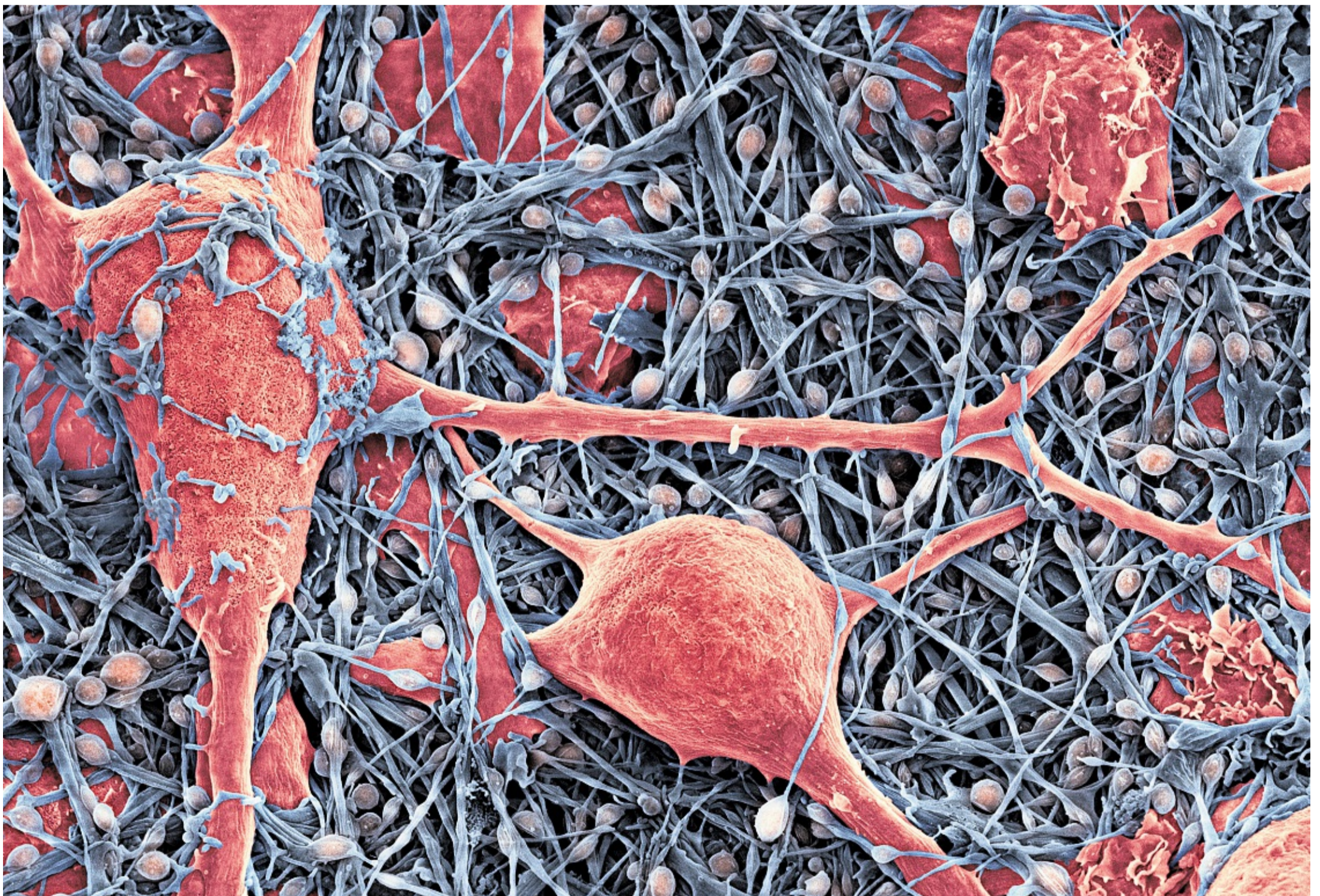


**La science est un roman** L'écrivain américain Richard Powers a fait de la science et de la technologie la matière centrale de ses livres. Il en explique les raisons. Entretien. **PAGE 7**

## La glie, matière à penser

Dans le fonctionnement du cerveau, le neurone n'est pas tout. Le rôle fondamental des cellules gliales commence lui aussi à être reconnu. Cantonnées trop longtemps dans un simple rôle de tissu de soutien, elles s'avèrent contrôler la transmission neuronale et améliorer l'apprentissage. Elles sont aussi impliquées dans certaines maladies neurologiques. Portrait de ces « non-neurones » du système nerveux

**PAGES 4-5**



Tissu cérébral en microscopie électronique. Les neurones sont en gris et les cellules gliales en rose. T. DEERINCK/SPL/COSMOS



**CARTE BLANCHE**

**Cédric Villani**

Mathématicien, professeur à l'université Lyon-I, directeur de l'Institut Henri-Poincaré (CNRS/UPMC), Médaille Fields 2010

(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

## Le pouvoir de la feuille qui se détache

Le hasard a voulu que le mois dernier, à seulement quelques jours d'intervalle, soient annoncés deux résultats spectaculaires en théorie des nombres. Coup sur coup nous apprenions, d'une part, que tout nombre impair strictement supérieur à 5 est somme de trois nombres premiers ( $7 = 2 + 2 + 3$ ,  $11 = 3 + 3 + 5$ , etc.); d'autre part, qu'il existe un nombre  $k$  tel qu'une infinité de paires de nombres premiers consécutifs sont séparées de  $k$  (la preuve montrait que  $k$  était inférieur ou égal à 70 000 000; trois semaines plus tard, les efforts joints de nombreux mathématiciens ont amélioré cette borne en  $k$  inférieur ou égal à 300 000 – nous sommes encore loin de la valeur  $k = 2$  qui démontrerait la célèbre « conjecture des nombres premiers jumeaux »!).

Autre coïncidence notable, ces deux percées sont dues à des mathématiciens issus de pays émergents : le Péruvien Harald Helfgott, de l'École normale supérieure de Paris, et le Chinois Yitang Zhang, de l'université de Raleigh-Durham. Ayant préparé leur thèse aux États-

Unis, ils illustrent à merveille le rôle crucial joué aujourd'hui par les immigrants dans les laboratoires d'Europe et d'Amérique du Nord. Du reste, quiconque a fréquenté les campus universitaires sur l'une ou l'autre côte des États-Unis a pu remarquer l'abondance de étudiants chinois et coréens, majoritaires dans certains cursus.

Parfois des expatriés, de retour dans leur pays d'origine, contribuent à bâtir des centres qui bousculent la carte de la science internationale. Ainsi de l'Instituto nacional de matematica pura e aplicada (IMPA) de Rio de Janeiro : né du rêve fou de trois mathématiciens brésiliens dans les années 1950, il est aujourd'hui l'un des centres de mathématiques les plus renommés, avec à son actif nombre de démonstrations de conjectures célèbres et certains des jeunes mathématiciens les plus brillants du monde, comme Artur Avila ou Fernando Coda Marques.

L'Asie n'est pas en reste : en Chine, à Singapour, en Corée du Sud, les budgets consacrés à la recherche

décollent, et les institutions prennent parfois un malin plaisir, dans un ironique retournement des rôles, à accueillir des chercheurs occidentaux dans des conditions plus favorables et plus souples qu'en Europe.

Utiliser l'expérience acquise à l'étranger pour bâtir chez soi : aucun destin individuel n'incarne mieux ce principe que celui de Shiing-shen Chern (1911-2004), légendaire géomètre chinois, héros d'un récent documentaire de George Csicsery. Formé dans les années 1930 en Allemagne et en France, il est, à la Sorbonne, le plus brillant disciple d'Elie Cartan. Accueilli aux États-Unis pendant la guerre, il devient le mathématicien le plus respecté de Berkeley où il fonde, en 1984, le Mathematical Sciences Research Institute. Puis, durant les vingt dernières années de sa vie, il développe instituts et programmes de mobilité en Chine. Aujourd'hui, les élèves de Chern, ses institutions, son nom même jouent un rôle vital dans toute la mathématique de son pays... Comme le dit un proverbe chinois qu'il chérissait : « La feuille qui tombe retourne à ses racines ». ■

# Les jeux sérieux au banc d'essai

**LUDOLOGIE** | Ils se comptent désormais par milliers : les « serious games », qui étaient sensés révolutionner l'apprentissage, remplissent-ils leur promesse ? Réponse mitigée à l'occasion d'une conférence spécialisée à Valenciennes

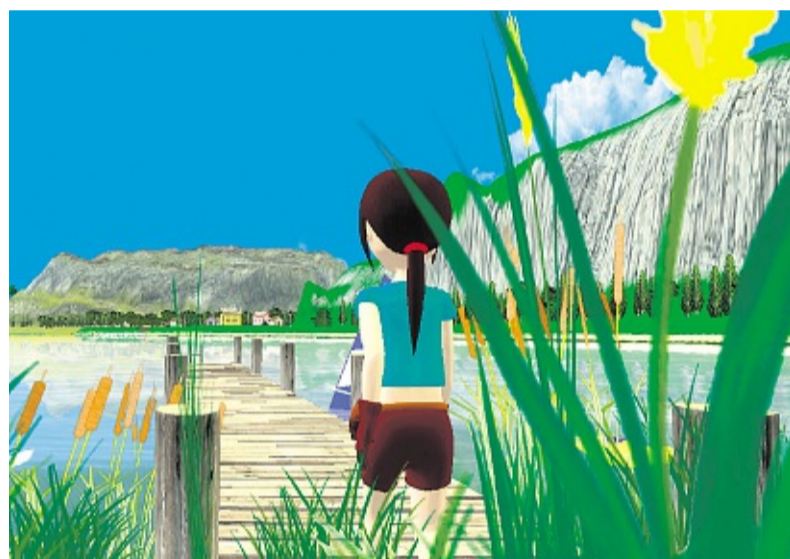
DAVID LAROUSSE

**J**eu sérieux. L'oxymore était au cœur de démonstrations, de compétitions et de discussions lors de E-Virtuose, la conférence qui s'est tenue à Valenciennes les 4 et 5 juin.

Sur un tel thème, le premier jeu est de demander à chacun une définition de cet objet paradoxal, le « serious game ». « C'est un jeu à intention utilitaire visant un marché autre que celui du divertissement, comme l'éducation, la santé, la défense, la communication... », estime Julian Alvarez, auteur d'une thèse sur le sujet en 2007. Ce professeur en sciences de l'éducation à l'université Lille-I est aussi l'un des coorganisateur de la conférence, financée notamment par la chambre de commerce et d'industrie du Grand Hainaut.

« Les jeux sérieux sont partout et nulle part », constate Gilles Brougère, de l'université Paris-XIII, pour pointer la difficulté à cerner le terme. « Les jeux sérieux sont différents des simulateurs. Les premiers véhiculent du savoir-être quand les seconds sont plutôt sur les savoir-faire. En outre, les simulateurs reposent sur de l'apprentissage linéaire, alors que dans un jeu sérieux la prise de décision n'est pas mécaniste », estime pour sa part Jean-François Carasco, de l'université de Nice, également consultant en stratégie et marketing pour GM Consultants et associés.

Le principe des jeux sérieux est donc d'utiliser les codes des jeux vidéo (score, effet de surprise, progression, exploration de niveaux, collabora-



« Data Dealer » (en haut), qui sensibilise à la protection des données personnelles, et « Lake Adventures » (en bas), à la biodiversité.

CUTEACUTE/INTERACTIVE4D

Le très populaire « World of Warcraft » (en haut), utilisé par des enseignants américains, et « Hammer and Planks », jeu thérapeutique d'équilibre.

FAOBLIZZARD ENTERTAINMENT/NATURAL PAD

**« Les effets du logiciel Sparx, tourné vers les adolescents dépressifs, sont au moins aussi bons que les thérapies classiques »**

ALI AMAD ET THOMAS FOVET  
CHR de Lille

tion...) pour réaliser des logiciels d'apprentissage, de formation professionnelle, de diffusion de messages publicitaires ou de sensibilisation du public à des questions de société.

L'association autrichienne Cuteacute a mis en ligne Data Dealer en mai pour sensibiliser à la protection des données personnelles. Dans ce jeu, primé lors du congrès, le joueur doit récupérer et vendre des données. En santé, Michael Stora, psychologue et directeur de la recherche de la jeune entreprise Manza Lab, utilise depuis dix ans le jeu commercial Ico pour aider des enfants à affronter des situations difficiles avec leurs parents. L'entreprise Succubus Interactive développe un

jeu, Cornak, pour former des vendeurs. Les étudiants de l'école Supinfo-game, du groupe Rubika, ont répondu à un défi de l'association Non-violence XXI en détournant les scénarios de jeux violents comme Civilization et Skyrim, afin de gagner sans échanger de coups mais en négociant, volant ou corrompant l'adversaire.

Pour « réveiller » les élèves en difficulté, Salim Zein, professeur d'histoire-géographie à Alès, utilise un jeu populaire, Little Big Planet. Récompensé à Valenciennes, son projet, Arcademia, fait apprendre des rudiments de physique et de technologie aux élèves, qui doivent construire des structures viables comme des rampes ou des avions.

Le Musée des arts et métiers et ses partenaires ont été récompensés pour le projet de jeu dans le musée, Plug. C'est la manifestation d'une nouvelle tendance consistant à rendre « jouables » des objets et des situations qui ne sont pas destinés à l'être. Les Anglo-Saxons parlent même de « gamification ». Le domaine est donc foisonnant, avec des jeux créés dans un but précis, d'autres adaptés, voire carrément modifiés. Le site Seriousgameclassifi-

cation.com, notamment alimenté par Julian Alvarez, en recense plus de 2800.

Très vite après la question de la définition arrive celle de l'évaluation. Cela marche-t-il ? A priori, il y a de bonnes raisons pour répondre positivement. Le jeu suscite le plaisir. Le plaisir, la motivation et l'intérêt. Et la motivation améliore l'apprentissage ou l'assimilation du message. CQFD.

Pour s'en convaincre en pratique, l'académie d'Aix-Marseille a conduit une expérimentation, rendue publique en octobre 2012. En deux ans, 34 établissements et 100 élèves et professeurs ont utilisé l'un des huit jeux sélectionnés pour l'expérience. 86 % des enseignants estiment que ces jeux apportent une plus-value à leur enseignement. 52 % des élèves pensent avoir appris quelque chose.

En santé aussi, des succès ont été enregistrés. « Le logiciel Sparx, tourné vers les adolescents dépressifs, a été évalué rigoureusement, et ses effets sont au moins aussi bons que les thérapies classiques », rappellent Ali Amad et Thomas Fovet, du CHR de Lille.

Parfois, les constats sont plus mitigés. Michel Lavigne, de l'université de

Toulouse, a passé en revue avec ses étudiants d'IUT près d'une vingtaine de jeux sérieux. Résultat, « la perception ludique est souvent faible ou moyenne. Elle est aussi très variable pour un même jeu. Du côté de la transmission des connaissances, il y a des échecs. Certains disent qu'un film est plus efficace, notamment pour ce qui concerne la prévention. Malgré l'euphorie ambiante, je reste sceptique sur le lien entre jouer et apprendre mieux », explique Michel Lavigne.

Sa collègue Hélène Michel, de Grenoble école de management, nuance aussi l'enthousiasme général. « Nous avons expérimenté beaucoup de jeux avec les étudiants. Les retours ont souvent été négatifs ! Il faut croire que ce type d'élève est attaché au rituel scolaire classique », explique la professeure, qui depuis a engagé une étude pour comprendre les causes de ces échecs et améliorer les conditions d'implémentation de ces techniques. « En tout cas, ce n'est pas parce que les étudiants sont technophiles que les jeux plaisent ! »

Pour mieux aborder ces problèmes d'évaluation, la chambre de commerce a décidé de construire un nouveau

laboratoire de ludologie, le Play Research Lab. Créée début 2013 avec Julian Alvarez et Sylvain Haudegond, la structure va déjà déménager dans un nouveau lieu, la Serre numérique, qui accueillera en outre des écoles, un incubateur et des équipements liés au numérique.

« Le débat sur l'usage du jeu dans l'apprentissage est ancien. Dès le XIX<sup>e</sup> siècle, ces controverses sur ce qu'on appelle alors le « ludoéducatif » existent, constate Gilles Brougère. Et c'est à l'école que la tension est maximale sur cette question. » Le fossé se creuse en effet entre l'environnement « technique » d'une classe et celui des élèves jouant à la console, manipulant les téléphones portables et surfant sur les réseaux sociaux.

« Le contexte de l'évaluation est délicat. Je regrette qu'une partie des chercheurs soient à la fois juge et partie, notamment en ayant des contrats de recherche avec des éditeurs de jeux », explique Michel Lavigne. Il est vrai que beaucoup d'intervenants ont un pied dans chaque monde. A croire qu'en la matière jouer de plusieurs casquettes est la règle. ■

## Une alliance pour partager les données génomiques et cliniques

Plus de 70 institutions de 40 pays vont mettre en commun leurs informations pour accélérer la recherche médicale

SANDRINE CABUT

**D**ix ans après l'annonce, en avril 2003, du premier séquençage d'un génome humain, fruit d'une impressionnante collaboration internationale, le collectif joue à nouveau à plein pour faire entrer les recherches en génomique et leurs applications médicales dans une nouvelle ère.

Plus de 70 organisations, dont de prestigieux instituts de recherche, universités et centres hospitaliers, situés dans une quarantaine de pays, ont décidé de mettre en commun leurs données génomiques, mais aussi cliniques. La création de cette Alliance globale, ainsi que l'ont nommée ses fondateurs, a été officiellement annoncée le

5 juin, après plusieurs mois de gestation. Pour les spécialistes du domaine, une telle organisation devenait indispensable et urgente. Avec la baisse massive du coût du séquençage (divisé par 1 million depuis 2003), l'analyse d'un génome, désormais sous la barre des 1 000 dollars (750 euros), est en passe de devenir un examen de routine et, pour les chercheurs, un gisement colossal d'informations à exploiter.

« La capacité de recueillir et d'analyser de grandes quantités de données génomiques et cliniques est une formidable opportunité d'en apprendre davantage sur les causes sous-jacentes des cancers, des maladies héréditaires et infectieuses ; et sur les réponses aux médicaments », a ainsi justifié David Altshuler, directeur adjoint du Broad Institute de Harvard et du MIT, l'un

des partenaires de l'Alliance globale.

Toutes les institutions engagées ont signé une lettre d'intention pour développer un cadre commun inspiré du modèle du World Wide Web. La présence américaine est particulièrement forte : plus d'une trentaine d'organisations états-uniennes ont signé la lettre d'intention, dont les instituts nationaux de la santé, l'Institut national du cancer, la Société américaine d'oncologie clinique et de célèbres universités comme Johns-Hopkins. Mais les cinq continents sont représentés.

### Accélération des découvertes

En France, l'Institut national du cancer (INCA) a été impliqué dans le projet dès les premières réflexions, en janvier 2013. Une démarche logique pour cette institution,

qui participe déjà depuis 2008 à un projet international de séquençage des génomes de cancers avec 13 autres pays, l'International Cancer Genome Consortium.

« Actuellement, chaque pays mène ses propres recherches en génomique. Il y a certes des collaborations avec une mise en commun d'informations, mais on se heurte souvent à un problème de dispersion des données, qu'il faut aller chercher sur différents sites et sous différents formats, relève le professeur Fabien Calvo, directeur de la recherche de l'INCA. Disposer de bases communes ou interactives permettra d'atteindre plus rapidement des volumes conséquents de données, indispensables pour mieux caractériser les cancers, notamment les plus rares. »

Au final, l'accélération des découvertes

fondamentales conduira à une meilleure prise en charge des malades, prophétise le professeur Calvo, qui insiste aussi sur l'intérêt d'inclure les données cliniques dans ce programme de partage. « Jusqu'ici, pour les cancers, nous travaillons sur les seules données des génomes tumoraux, mais disposer d'autres informations aura du sens, par exemple pour mieux comprendre la réussite ou l'échec d'un traitement », explique le chercheur français.

Cet ambitieux projet, qui n'en est encore qu'à ses premières pierres, doit faire face à de nombreux défis : techniques, financiers, mais aussi éthiques. Les partenaires de l'Alliance globale devront ainsi pouvoir assurer une protection et une confidentialité sans faille des données auxquelles ils auront accès. ■

# Le X3, un hélico à 472 km/h

**AÉRONAUTIQUE** | Ce girodyne, prototype à mi-chemin entre un avion et un hélicoptère, a battu le 7 juin le record de vitesse de sa catégorie

VIVIANE THIVENT

Marignane (Bouches-du-Rhône),  
envoyée spéciale

L'hélicoptère le plus rapide du monde n'est plus américain. Il est français. Le 7 juin à 15 h 30, un engin expérimental, le X3, a volé à 472 km/h au-dessus d'Istres. « Il a atteint cette vitesse parce qu'il s'agit d'un girodyne... comme Supercopter », explique Jean-Brice Dumont. Cet adepte des séries télé à 41 ans, une chemise rose, un faux air d'Harrison Ford, une formation de polytechnicien, une autre de pilote et, accessoirement, il est le directeur technique d'Eurocopter, une entreprise franco-allemande spécialisée dans la fabrication des hélicoptères et qui compte quelque 22 000 salariés dans le monde.

Ici, près de Marseille, sur le site de Marignane, ils sont 12 000 à boulonner dans de grands hangars blancs ou à développer dans des bureaux sans charme. « C'est une petite ville », avait dit l'hôtesse d'accueil, et c'est là qu'est né le X3.

Pour commencer son explication, Jean-Brice Dumont dépose sur la table une figurine d'hélicoptère plus dorée qu'un Sept d'or : « Sur un hélicoptère, il y a le rotor de queue, qui l'empêche de tourner sur lui-même, et le rotor central, qui lui permet de s'élever, grâce à la portance, ou d'avancer, grâce à la traction. »

Il fait décoller la babiole tout en tournant le rotor central avec l'index. « Regardez les pales. Elles avancent une fois dans la même direction que l'hélicoptère, une fois dans le sens contraire. » Dans le premier cas, la vitesse de la pale s'ajoute à celle de l'hélicoptère. Et si l'extrémité de la pale dépasse la vitesse du son, alors la pale décroche. « Ce phénomène dit



Le X3 a environ 140 heures de vol de démonstration au compteur.

ANTHONY PECCHI/EUROCOPTER

rité des forces de traction et de portance est assurée par ces hélices. Les contraintes s'exerçant sur le rotor central s'allègent. « Le décrochage des pales ne se produit plus que vers les 500 kilomètres par heure », précise Jean-Brice Dumont.

Changement de décor. Nous voici en rase campagne, à quelques kilomètres, au milieu de la base militaire d'Istres. L'endroit semble avoir été déserté : des toiles d'araignées recouvrent les portes de certains bâtiments. « Le projet a été conduit dans le plus grand secret, nous a expliqué Jean-Brice Dumont. Sur le site de Marignane, l'équipe de recherche a été isolée de l'assemblage du X3 ; les vols d'essai, eux, ont eu lieu à l'écart, sur une base militaire. »

Le X3 se trouve dans un hangar aux dimensions pharaoniques « construit dans les années 1970 pour fabriquer des Mercure 100, explique Dominique Fournier, l'ingénieur navigant du X3. A l'époque, ces avions devaient inonder le marché du transport. En fait, seuls dix ont été construits ».

Voici enfin l'imposant hélicoptère, fait de verre et de tôle. « Cela se prononce "X cube", pas "X trois", car il s'agit de la version expérimentale du H3, le high-speed hybrid helicopter. » Un concept dont le maître mot est l'économie. Il s'agit en effet de construire un hélicoptère certes rapide, mais à peine 25 % plus cher qu'un hélicoptère normal. A l'origine de ce parti pris ? Le passé houleux des girodynes. Apparus dès les années 1930, ces engins connaissent une certaine

d'un bolide de formule 1, elle est unique. « L'innovation n'a été faite que là où c'était nécessaire », insiste l'ingénieur. Résultat : si le montant du budget dévolu à ce projet est confidentiel, il est compris dans les 1,7 milliard de dollars investis par Eurocopter dans l'innovation sur ces cinq dernières années.

En quelques mois, les chercheurs passent aux tests en soufflerie. En parallèle, ils développent une maquette numérique grâce à laquelle ils créent un simulateur de vol permettant de tester, en temps réel, la manœuvrabilité du futur démonstrateur. « Et c'est là que j'entre en scène », explique Hervé Jammayrac, le très décontracté pilote d'essai du X3.

La fabrication débute en 2009 et, en septembre 2010, il s'envole pour la première fois. « En dehors du vol en stationnaire, il se pilote vraiment comme un avion, explique Hervé Jammayrac. Il peut s'incliner à 45° ou piquer du nez en maîtrisant sa vitesse. Ceci facilite l'atterrissage car on voit où l'on se pose. Il est de plus très facile à prendre en main », en tout cas quand on est soi-même pilote.

« Le X3 est équipé de 600 capteurs dont 500 transmettent en direct leurs mesures à une salle de contrôle située dans le hangar, explique Dominique Fournier. Cela permet de voir comment il se comporte et d'accumuler des données pour nos recherches futures. » Car, après 140 heures de vol, des démonstrations aux Etats-Unis, en Allemagne ou au Bourget, le X3 n'a plus qu'une dizaine d'heures de vol devant lui avant sa mise à la retraite. Un sursis que l'équipe du X3 a utilisé pour le pousser dans ses retranchements.

« Il avait déjà atteint les 450 km/h et, depuis avril, nous attendions des conditions météorologiques optimales pour le faire fonctionner à plein régime », confie Dominique Fournier. Une attente interminable qui s'achève le 7 juin avec un record. « Le plus étonnant, c'est que même poussé à son maximum il ne s'est pas mis à vibrer. » Un point qui, pour l'ingénieur, suggère qu'avec des moteurs plus puissants le X3 pourrait aller encore plus vite. Cette théorie ne sera toutefois pas forcément testée : l'avenir du concept dépend en effet de l'intérêt de clients qui, en matière de versatilité, n'ont rien à envier à la météo. ■

## Le X2, ex-recordman de vitesse

Le X3 n'est pas le seul girodyne sorti récemment des ateliers des constructeurs. Depuis septembre 2010, le record du monde de vitesse, 460 km/h, était détenu par le X2 de l'entreprise américaine Sikorsky. Ce démonstrateur possède, au niveau de son rotor central, deux hélices contrarotatives, c'est-à-dire tournant dans le sens contraire l'une de l'autre. Ce système permet à l'hélicoptère de s'élever tandis qu'une hélice, située à l'arrière, lui permet de s'avancer. Le X2 devrait prochainement déboucher sur un hélicoptère militaire. Dans les hélicoptères hors norme, citons aussi le V22 d'Osprey. Créé en 1989, cet engin est un convertible : il atteint plus de 500 km/h grâce à ses deux rotors latéraux basculants.

**« Son comportement ne ressemble en rien à celui d'un hélicoptère. Il peut s'incliner à 45° ou piquer du nez en maîtrisant sa vitesse »**

HERVÉ JAMMAYRAC  
pilote d'essais du X3

de décrochage explique que les hélicoptères ne volent que rarement au-delà des 250 kilomètres par heure », conclut-il. D'où le concept du girodyne : « Cet engin est à mi-chemin entre l'avion et l'hélicoptère. En plus du rotor central, il possède des hélices latérales. »

Résultat : en vol, une grande majo-

## L'évolution des galaxies revisitée « in silico »

Des modélisations 3D retracent le comportement de ces « unités de base » de l'Univers

HERVÉ MORIN

L'archéologie galactique a des outils bien différents de ceux utilisés pour exhumier le passé de l'humanité. Au service d'astrophysique du CEA à Saclay (Essonne), l'une des Mecque de cette discipline, c'est dans une salle de projection 3D que sont présentées les dernières découvertes. Il faut chausser des lunettes pour voir émerger du chaos post-Big Bang les grumeaux où sont nées les galaxies, ces « unités de base » de l'Univers faites de gaz et d'étoiles.

Rien de plus banal qu'une galaxie : on en dénombre 200 milliards dans l'Univers observable. Et pourtant, leur évolution et leur comportement restent un défi pour les chercheurs. On croyait ainsi avoir établi une typologie solide, entre les galaxies elliptiques, dites « mortes », car peu productrices d'étoiles, et les galaxies spirales, bien plus actives sur ce plan. Et voilà que des images du télescope franco-canadien d'Hawaï (CFHT) « font apparaître des halos, des disques spirales qui révèlent que les galaxies mortes produisent aussi des étoiles », indique l'astrophysicien Pierre-Alain Duc.

« Une autre surprise a été de constater à quel point l'Univers est ennuyeux », note son collègue David Elbaz : alors qu'on croyait que les galaxies anciennes, soumises à un plus grand nombre de collisions, produisaient plus d'étoiles que les galaxies récentes, moins à l'étroit dans un Univers désormais plus vaste, il n'en est rien, si l'on en croit les images des télescopes spatiaux Hubble et Herschel. Depuis 10 milliards d'années, le rythme de formation d'étoiles reste similaire. Ce mystère de l'universalité de la formation des étoiles pourrait s'expliquer par la présence d'un

réseau de filaments reliant les galaxies entre elles, « comme des points de matière, des cathédres qui nourrissent avec un sang frais pour continuer à former des étoiles », avance David Elbaz. Seul hic, ces fameux filaments sont trop ténus pour être détectés...

### Flambées stellaires

Autres questions : pourquoi les gaz galactiques se sont-ils transformés plus lentement en étoiles que ce que prévoyait la théorie ? Au contraire, pourquoi certaines galaxies en produisent-elles massivement lors de « flambées stellaires » ? Des simulations menées sur les plus gros calcula-

teurs européens donnent des débuts de réponse. Ainsi, 600 millions d'années d'évolution de la collision dite des Antennes, entre deux galaxies spirales, viennent d'être « rejouées ». « Elles expliquent les flambées stellaires par l'effondrement du gaz lié à cette collision », note Frédéric Bournaud. D'autres simulations montrent au contraire que les turbulences au sein des galaxies ralentissent la vitesse de formation des étoiles. Mais les modèles restent imparfaits : ils ne savent pas simuler l'expulsion de gaz hors des galaxies – autre élément fondamental pour percer leurs derniers secrets... ■

# 23 %

C'est le pourcentage de jeunes (contre 17 % des 31-45 ans) qui se trouvent en dette chronique de sommeil. Tel est le constat du baromètre santé jeunes de l'Inpes, rendu public le 5 juin. Le temps de sommeil des jeunes entre 15 et 30 ans est de 7 h 26, trop peu par rapport aux recommandations. L'usage d'écrans le soir entraînerait 30 à 45 minutes de sommeil en moins. La prise de produits (médicament, drogue, alcool) pour aider à dormir concerne 11 % des 15-30 ans (7 % des 15-19 ans et 14 % des 26-30 ans) contre 14 % des 31-45 ans.

### Paléontologie

#### Une tumeur osseuse sur une côte de néandertalien

Une maladie osseuse découverte sur un fossile de néandertalien vient d'être décrite par une équipe internationale. La tumeur, qualifiée de dysplasie, touchait une côte gauche d'un individu ayant vécu il y a environ 120 000 ans dans ce qui est aujourd'hui la Croatie. Chez l'homme actuel, cette maladie donne lieu à un large spectre de symptômes, allant de la déformation bénigne à des formes plus graves. L'état de conservation de la côte et l'absence d'autres éléments du squelette ne permettent pas d'apprécier l'effet qu'elle a pu avoir sur la santé du néandertalien, notent les chercheurs. La côte fait partie d'un ensemble de 900 pièces trouvées sur le site de Krapina, au nord de Zagreb, entre 1899 et 1905. > Monge et al., « PLoS One » du 5 juin.

### TELESCOPE

#### Zoologie Un oiseau synchronise sa voix et sa danse



L'oiseau-lyre dit ménure superbe (*Menura novaehollandiae*) n'est pas seulement un chanteur hors pair ayant plus de 90 chants à son répertoire, il est aussi un danseur adroit qui coordonne les mouvements de son corps à sa voix. Ce gros passereau à la queue élégante en forme de lyre associe un type de chant à un type de danse et enchaîne d'une manière prédictive les séquences. C'est la première fois que ce trait est observé chez des animaux, selon l'équipe australienne de l'Université nationale de Canberra qui a conduit l'étude. En observant 12 oiseaux dans leur environnement et en enregistrant le son et l'image du cérémonial, ils ont conclu que chacun des quatre sons utilisés par les mâles ménures est associé à un seul des quatre mouvements type comme écarter la queue ou non, agiter les ailes ou non. Les auteurs font l'hypothèse que cette coordination auditivo-motrice, mobilisée pour la reproduction, pourrait être un trait sélectionné par l'évolution.

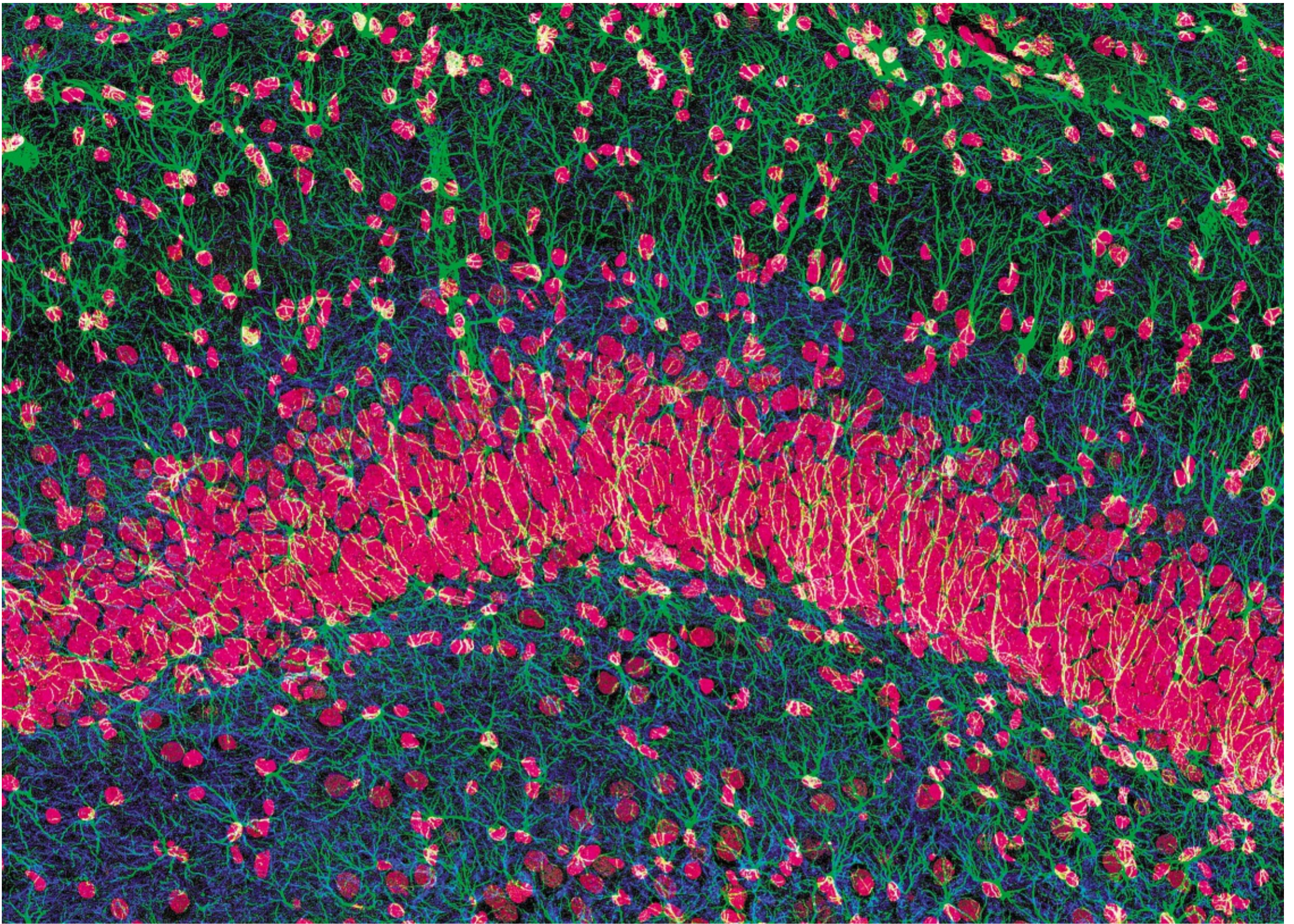
(PHOTO: CYRIL RUOSO/BIOSPOTO)

> Dalziell et al., « Current Biology », 6 juin.

### Neuroscience

#### Une technique contre les TOC

Deux équipes américaines ont indépendamment éclairé ce qui se passe dans le cerveau de patients atteints de trouble obsessionnel compulsif (TOC), ouvrant la voie à des traitements. Toutes deux utilisent la technique de l'optogénétique qui consiste à rendre sensibles à la lumière des neurones modifiés génétiquement afin de contrôler leur activité. L'équipe du MIT a ainsi réussi à faire cesser le comportement compulsif de souris mutantes en excitant sélectivement certains neurones. Les souris, qui se nettoyaient sans cesse jusqu'à léser leur peau, cessaient de le faire durant l'excitation lumineuse. Elles reprenaient leur TOC dès la fin du traitement. L'équipe de l'université de Columbia (New York) a, elle, déclenché un comportement compulsif chez des souris en stimulant des zones cérébrales proches de celles ciblées par la première équipe. Les chercheurs ont montré que c'est la répétition des stimulations pendant plusieurs jours qui engendre les TOC. > Burguiere et al. et Ahmari et al., « Science », 7 juin.



# Cerveau

## La revanche des cellules gliales

NEUROBIOLOGIE

Longtemps négligée, la glie, cet ensemble de cellules nerveuses non excitables, livre peu à peu les secrets de ses fonctions, décisives, dans la communication entre neurones et les processus cognitifs élaborés. Ces cellules pourraient être la cible de nouveaux traitements contre des maladies neurologiques

FLORENCE ROSIER

Dans la jungle de notre cerveau, les neurones ne sont pas tout. D'autres cellules ont été longtemps négligées. Englouties dans l'oubli, reléguées au rang de simple « glue » du neurone roi... Tel fut, plus de cent ans durant, le triste sort de la glie, cet ensemble de cellules du système nerveux non excitables électriquement. A quoi servent ces cellules gliales, plus nombreuses que les 85 milliards de neurones qui peuplent notre boîte crânienne ?

Une étude publiée le 7 mars dans la revue *Cell Stem Cell* offre un début de réponse saisissant. Une équipe américaine a greffé des cellules précurseurs des astrocytes humains (une catégorie de cellules gliales) dans le cerveau de souris nouveau-nés. Résultat : les rongeurs ayant subi cette greffe d'astrocytes humains apprenaient plus vite et mémorisaient mieux. Aucune amélioration cognitive n'était observée chez les animaux greffés avec des astrocytes de souris.

« Notre étude montre que les cellules gliales

les sont essentielles à la transmission des signaux entre neurones, observe Steven Goldman, de l'université de Rochester (Etats-Unis). Surtout, elle révèle que les capacités cognitives élaborées de notre espèce ne proviennent pas seulement de nos réseaux de neurones sophistiqués : elles reflètent aussi l'évolution de nos cellules gliales, plus abondantes, complexes et diverses que chez toute autre espèce. »

La glie sonne donc aujourd'hui le glas de l'hégémonie des neurones. Car les données glanées à travers le globe, depuis plus de vingt ans, permettent de mettre fin à ce long aveuglement : non, les cellules gliales ne sont pas cantonnées à ce rôle passif de ciment neuronal – à cette glue qui les consacra glie, le 3 avril 1858, lors de leur découverte par le médecin allemand Rudolf Virchow.

« Quand on soulève une pierre des cellules gliales, c'est tout l'édifice du système nerveux qui s'ébranle », observe Alain Bessis, de l'École normale supérieure (ENS) à Paris. Sans cesse de nouvelles missions leur sont attribuées : fonctions métaboliques et nourricières ; contrôle, intégration et coordination de la communication entre neurones ; contribution décisive aux capacités cognitives humaines – mais aussi rôle délétère

dans les maladies du système nerveux. « Impossible aujourd'hui d'ouvrir un journal de neurosciences sans y trouver de nouveaux travaux sur la glie », note Hervé Chneiweiss, neurobiologiste, qui dirige l'unité Inserm plasticité gliale (université Paris-Descartes). Une revue mensuelle, *Glia*, leur est même consacrée.

« Les cellules gliales, ce sont les "non-neurones" du cerveau », résume Alain Bessis. Mais la glie forme un ensemble disparate, qui regroupe au moins trois catégories de cellules. Les astrocytes, de forme étoilée, se caractérisent par leurs longs prolongements dont les extrémités s'ancrent d'un côté sur les capillaires sanguins et de l'autre sur les neurones et les synapses, ces lieux de communication entre deux neurones. Les oligodendrocytes ont la capacité de produire une énorme quantité de membrane qui s'enroule autour des axones pour former la gaine de myéline. Troisième type de cellules gliales, la microglie constitue le système immunitaire du système nerveux.

Première idée fautive : non, toute l'information nerveuse, dans le cerveau, n'est pas transmise uniquement sous forme d'impulsions électriques qui parcourent les réseaux de neurones. Dans cette sympho-

nie cérébrale, les cellules gliales, en accord avec les neurones, jouent leur partition – harmonieuse, sauf en cas de maladie.

Second quiproquo, plus anecdotique : non, le mystère du génie d'Einstein ne résidait pas dans la richesse de son cerveau en cellules gliales, comme l'a laissé croire son autopsie. Les études ultérieures n'ont pas validé cette observation.

Troisième concept erroné : les cellules gliales ne sont pas de deux à neuf fois plus nombreuses que les neurones du cerveau humain, comme on le lit parfois. Pour autant, quantifier le nombre de cellules gliales du cerveau relève d'une entreprise hasardeuse. Au Collège de France, en ce matin pluvieux d'avril, Christian Giaume, spécialiste reconnu de l'astrocyte, pianote fébrilement sur son clavier d'ordinateur en quête d'une réponse scientifique étayée. Deux heures plus tard, à quelques centaines de mètres de là, sur la montagne Sainte-Geneviève, la même scène est rejouée par Alain Bessis, un brin penaud.

« Dans le cortex humain, il y aurait 1,4 astrocyte pour 1 neurone. Mais les chiffres varient beaucoup selon les études, les régions du cerveau et les espèces, avance Christian Giaume. L'essentiel est ailleurs : quand on passe du cerveau de souris au cer-

« Les capacités cognitives élaborées de notre espèce reflètent aussi l'évolution de nos cellules gliales »

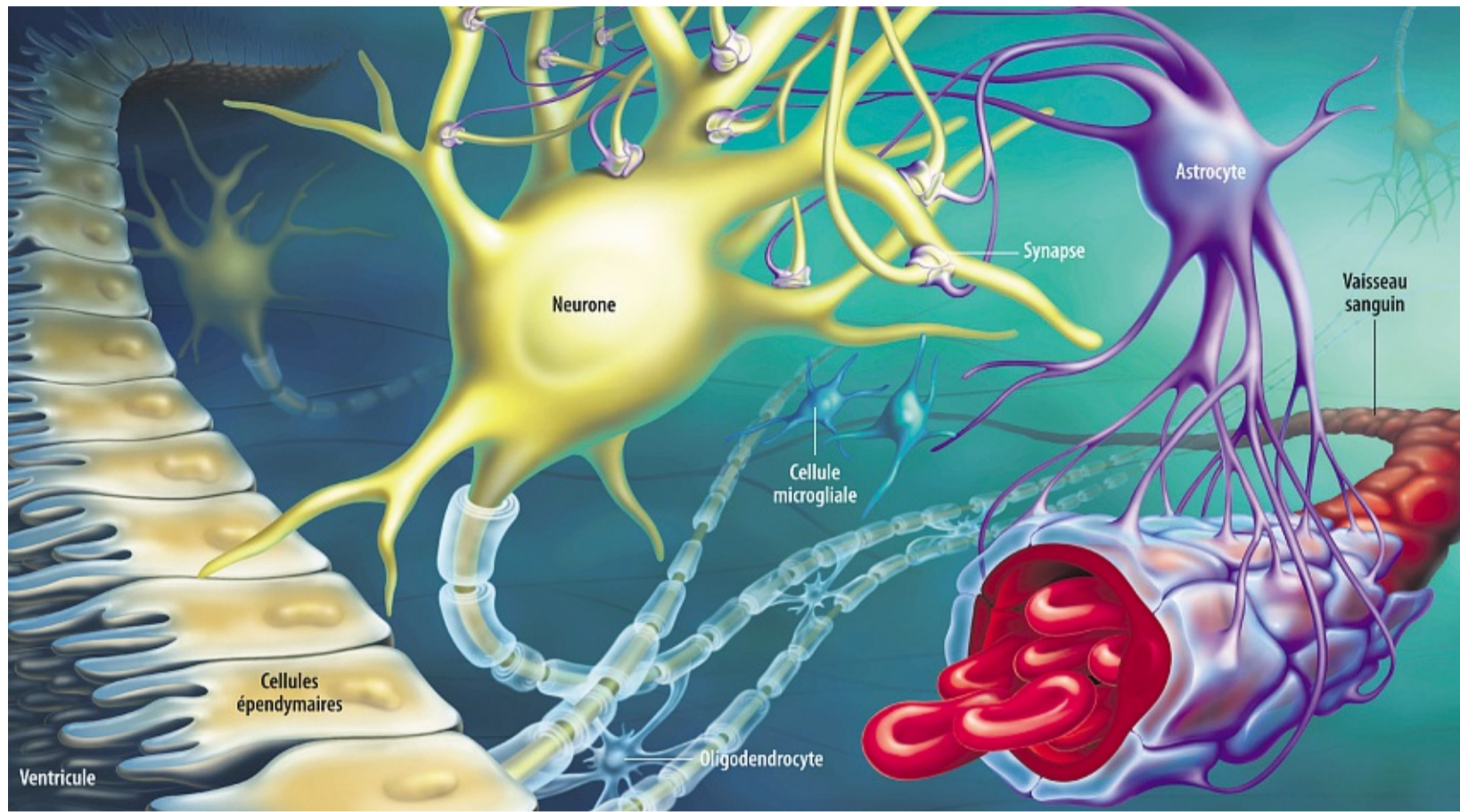
STEVEN GOLDMAN  
université de Rochester

□ Coupe d'hippocampe en microscopie optique. Les cellules gliales sont en vert.

T. DEERINCK/SPL/  
COSMOS

□ Situées dans le cerveau, les astrocytes, les oligodendrocytes et les cellules microgliales font partie de ce qu'on appelle les cellules gliales.

SYLVIE DESSERT



veau humain, on observe un accroissement spectaculaire de la complexité de ces cellules. Les astrocytes humains ont des ramifications bien plus étendues, chacun couvrant un domaine plus grand. L'écart homme-souris est bien plus marqué pour les astrocytes que pour les neurones.

L'apparition des astrocytes et leur sophistication, au cours de l'évolution, semblent correspondre à plusieurs sauts phylogéniques. « L'acquisition d'une symétrie bilatérale coïncide avec l'apparition de la glie : la méduse, à la symétrie radiaire, n'a pas de cellules gliales, tandis que les insectes et les nématodes en possèdent, souligne Bernard Zalc, directeur du centre de recherche de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière à la Pitié-Salpêtrière. Plus tard, l'émergence des mammifères semble concorder avec une inversion du rapport "nombre de cellules gliales sur nombre de neurones", les cellules gliales devenant majoritaires. »

Le développement des capacités cognitives humaines jalonne une nouvelle étape. « Dans l'expérience américaine de greffe d'astrocytes humains, ceux-ci établissent des communications avec leurs homologues murins par l'intermédiaire de jonctions communicantes », souligne Christian Giaume. Et c'est une des clés de l'astrocyte. Elles désignent un ensemble de canaux reliant le cytoplasme de deux cellules voisines. Via ces jonctions, les astrocytes ont une remarquable aptitude à former des réseaux où les cellules communiquent entre elles directement. Ils échangent ainsi de petites molécules métaboliques (glucose, lactate), mais aussi des ions calcium.

« Les astrocytes utilisent une signalisation très sophistiquée : les vagues calciques, qui sont de brèves augmentations des taux de calcium intracellulaire se propageant d'une cellule à l'autre », explique Christian Giaume. Ces vagues assurent la synchronisation d'un réseau d'astrocytes, qui interagissent avec un réseau donné de neurones. « Nous avons montré que des groupes de neurones qui répondent à un stimulus sensoriel, par exemple à une odeur, se superposent à des réseaux d'astrocytes », indique Christian Giaume. Une façon pour les astrocytes de coordonner l'activité de tout un groupe de neurones ?

Mais la clé essentielle, pour comprendre comment l'astrocyte contrôle la plasticité des réseaux de neurones, c'est la synapse tripartite. « Ce concept a bouleversé les neurosciences modernes », relève Hervé Chneiweiss. Il repose sur un trépied interactif : le neurone présynaptique, le neurone postsynaptique et le pied astrocytaire qui les enrobe. Au sein de cette synapse tripartite, l'astrocyte activé émet des gliotransmetteurs (D-sérine, ATP...) qui se lient à des récepteurs de surface des neurones. À l'inverse, l'astrocyte porte des récepteurs aux neurotransmetteurs libérés par les neurones.

« Quand le neurone présynaptique libère du glutamate, ce neurotransmetteur active un récepteur de surface de l'astrocyte. Ce qui enclenche une cascade d'acti-

tions, dont celle du récepteur NMDA, acteur essentiel de l'apprentissage et de la mémorisation », explique Stéphane Oliet, directeur adjoint du Neurocentre Magendie (Inserm, université de Bordeaux),

### « L'avenir est au développement d'une pharmacologie de la glie »

PIERRE MAGISTRETTI

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

auteur de travaux pionniers dans ce domaine. L'astrocyte gouverne ainsi le nombre de récepteurs NMDA activés, donc le nombre de synapses renforcées par l'apprentissage.

Autre mission capitale : l'astrocyte assure un approvisionnement des neurones en énergie « sur mesure ». Or le cerveau consomme un quart de l'énergie corporel-

le ! « L'astrocyte détecte l'activité des neurones. Il envoie un signal aux vaisseaux sanguins par l'intermédiaire de ses prolongements pour importer plus de glucose là où les neurones sont actifs. Puis l'astrocyte transforme ce glucose en lactate, qu'il distribue aux neurones », explique Pierre Magistretti, de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. En 2011, son équipe a montré que ce lactate est indispensable aux tâches d'apprentissage et de mémorisation des rongeurs.

Nourrices des neurones, les astrocytes en sont aussi les éboueurs : ils éliminent et recyclent les neurotransmetteurs libérés en excès. Décidément multitâches, « ils régulent directement la quantité de sommeil dont l'organisme a besoin », indique Thomas Papouin, de l'université Tufts (Boston) – qui lors de sa thèse chez Stéphane Oliet a décrit le rôle des astrocytes dans la synapse tripartite au sein de l'hippocampe. L'astrocyte peut aussi contrôler la production de nouveaux neurones à partir de cellules souches neurales. Mieux : après un accident vasculaire cérébral, les astrocytes nouvellement formés favorisent une cicatrisation qui limite les

dégâts, comme l'a montré une équipe américaine en avril.

Les astrocytes sont cependant des Janus : de protecteurs, ils se muent en ennemis dans de très nombreuses pathologies du système nerveux. Par exemple dans la maladie d'Alzheimer : « Nous allons utiliser une batterie d'outils innovants pour voir comment les astrocytes agissent sur les synapses à récepteurs NMDA, perturbées très précocement dans cette maladie », indique Gilles Bonvento, du CEA-MIRcen (Fontenay-aux-Roses).

« L'avenir est au développement d'une pharmacologie de la glie, explique Pierre Magistretti. Pour trouver de nouveaux traitements des maladies du système nerveux, les efforts ont jusqu'ici porté sur les neurones, avec des résultats décevants. On espère parvenir à protéger les neurones en ciblant les astrocytes. » « Un essai clinique de thérapie génique dans ce but est en préparation contre la maladie de Huntington », précise Gilles Bonvento.

Les cellules gliales, nouvelles stars du système nerveux ? « Cette obscure clarté qui tombe des étoiles... » astrocytaires, Corneille ne l'avait pas prévue. ■

## Microglie, cellule hyperactive

Dans l'univers des cellules gliales, les microglies occupent une place à part : ce sont des cellules immunitaires, non nerveuses. Mais elles sont dotées de missions capitales que ni leur petite taille, ni leur taux minoritaire (elles représentent de 5 % à 10 % des cellules gliales) ne laissent présager.

« On sait depuis longtemps que ces cellules sont activées dans tous les dysfonctionnements du cerveau, qu'il s'agisse de maladies neurodégénératives ou psychiatriques. On découvre aujourd'hui leur rôle physiologique essentiel dans la neurogenèse et le fonctionnement des synapses », résume Alain Bessis, responsable de l'équipe fonctions neuronales et microglie à l'Ecole normale supérieure, à Paris.

Les cellules microgliales sont des macrophages, capables de changer de forme très rapidement pour migrer d'un endroit à un autre. En conditions normales, elles sont très ramifiées. Que survienne une pathologie et elles s'activent, grossissent, s'arrondissent. De fait, la microglie a d'abord été perçue comme le système de défense du cerveau contre les infections et les maladies. Ses cellules peuvent détecter, détruire et digérer les envahisseurs, voire favoriser la cicatri-

sation après une lésion.

Dans la maladie d'Alzheimer, certains pensent qu'un dysfonctionnement de la microglie serait une cause, non une conséquence de la maladie. « Les cellules microgliales sont les premières activées en présence du peptide amyloïde qui s'accumule dans les plaques séniles : elles envoient alors des messages aux astrocytes environnants, qui à leur tour émettent des messages délétères pour les neurones », indique Christian Giaume, du Collège de France. Dans la douleur chronique, dans certains troubles obsessionnels compulsifs... la microglie semble aussi être indûment activée – elle est déjà la cible de futurs traitements en développement.

### Plasticité du cerveau

Pour Alain Bessis, « les cellules microgliales sont les cellules le plus dynamiques du cerveau. La microscopie confocale le montre. En permanence, elles envoient et rétractent très rapidement leurs prolongements, vers une synapse dans 95 % des cas. On peut imaginer qu'elles surveillent sans arrêt le tissu cérébral, prêtes à agir dès qu'elles détectent un changement ».

Ces rôles physiologiques de la microglie intriguent les chercheurs. Ils en ont découvert plu-

sieurs. « Au cours du développement embryonnaire, des neurones surnuméraires se forment. La microglie est chargée de les éliminer. Cela a été montré en 1998 dans la rétine, en 2004 dans le cer-velet, en 2008 dans l'hippocampe », explique Alain Bessis. Ce rôle dans la neurogenèse ne se limiterait pas à l'embryogenèse : tout au long de la vie, de nouveaux neurones sont formés, surtout dans l'hippocampe. La microglie en éliminerait plus de 90 %, ne laissant subsister que les neurones pertinents. Elle détruirait aussi les synapses en surnombre, chez l'embryon et tout au long de la vie.

L'équipe d'Alain Bessis s'attache à comprendre le rôle de la microglie dans la plasticité des réseaux de neurones, au niveau de la synapse tripartite – composée des neurones pré- et postsynaptiques et d'un astrocyte. « Comme les astrocytes, la microglie est capable de produire des molécules qui modifient le fonctionnement de la synapse, dit-il. Lorsque nous mettons en culture des neurones avec des astrocytes et 4 % de cellules microgliales, nous observons des synapses actives. Mais, si nous ôtons cette microglie, les synapses sont très perturbées. » ■

FL.R.

## L'oligodendrocyte, le protecteur de neurones

Sans son attention zélée, nos mouvements, nos pensées auraient des lenteurs accablantes. A n'en pas douter, l'oligodendrocyte, l'une des quatre formes de cellules gliales, est un obsessionnel compulsif de la production de myéline. Cette idée fixe est une chance pour les vertébrés supérieurs. Car cette myéline qu'il fabrique avec obstination, savant mélange de lipides (70 %) et de protéines (30 %), l'oligodendrocyte en enveloppe délicatement l'axone des neurones.

Il forme ainsi une gaine isolante qui accélère jusqu'à 100 fois la conduction de l'influx nerveux ! « Un corps d'oligodendrocyte peut produire jusqu'à 50 fois son poids de myéline », note Catherine Lubetzki. Cette professeure de neurologie dirige une équipe Inserm sur la réparation myélinique, à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM) à la Pitié-Salpêtrière. Découverts dans les années 1920, les oligodendrocytes n'ont pas fini de livrer leurs mystères. Leur rôle protecteur de l'axone a été découvert par l'étude de la sclérose en plaques. Cette maladie auto-immune touche 80 000 personnes en France. Elle résulte de l'atteinte de la gaine de myéline. Mais le handicap ne devient irréversible que quand la gaine de myéline ne protège plus l'axone, qui est endommagé.

Chez l'homme, on a longtemps cru que la myélinisation s'achevait vers l'âge de 2 ou 3 ans. « Des travaux récents ont montré que la myélinisation se prolonge jusque vers 18 ou 20 ans, notamment dans le cortex préfrontal », dit Catherine Lubetzki. Mieux : la stimulation intellectuelle ou manuelle peut la favoriser. « Chez des adolescents qui pratiquent énormément le piano, le pourcentage de fibres myélinisées augmente dans le corps callos, ce faisceau qui relie les deux hémisphères cérébraux. »

### Voie de recherche

On sait aujourd'hui que le cerveau adulte contient des cellules précurseurs des oligodendrocytes, les OPC. Leur existence suggère que la myéline se renouvelle chez l'adulte. Par ailleurs, ces cellules établissent des connexions très étroites avec les neurones. Pourquoi ? L'équipe de Brahim Nait Oumesmar, à l'ICM, s'attache à le comprendre.

Comment réparer la myéline chez les patients atteints de sclérose en plaques ? C'est une voie de recherche très active. Deux grandes pistes sont explorées. La greffe de cellules remyélinisantes, tout d'abord. « Les principales cellules responsables de la remyélinisation sont les OPC », indique Catherine Lubetzki. La difficulté de la greffe vient du fait que les lésions sont disséminées dans le cerveau et/ou la moelle épinière. »

L'autre piste serait de favoriser une remyélinisation endogène. Notamment par des molécules activant la différenciation des OPC en oligodendrocytes, comme l'olesoxime, ou par des anticorps bloquant des inhibiteurs de cette différenciation, comme l'anti-LINGO.

« Nous sommes freinés par l'absence de techniques d'imagerie permettant de visualiser la myélinisation », explique Catherine Lubetzki. C'est pourquoi l'équipe de Bruno Stankoff, à l'ICM, s'attache à développer une technique de PET-scan pour suivre l'évolution des lésions et quantifier l'effet des traitements. ■

FL.R.

## Discussions sur les origines de la vie

LE LIVRE

Quatre spécialistes échangent leurs avis sur l'un des plus grands mystères de la nature

DAVID LAROUSSIERE

Quelle plus belle question et quel plus beau mystère que celui de l'origine de la vie ? Pour tenter d'y répondre, la maison d'édition La ville brûle, grâce à sa collection « 360 », poursuit son dispositif déjà déployé pour les mathématiques, la cosmologie ou le nucléaire : réunir quatre spécialistes autour d'une table, faire animer la réunion par le journaliste de *Libération* Sylvestre Huet (par ailleurs directeur de la collection) et rendre compte sur papier de la discussion.

Le résultat est passionnant bien qu'un peu ardu. L'enthousiasme pour ce sujet conduit en effet ces experts à se diriger assez vite vers les fronts actuels de la connaissance, lesquels, en l'occurrence, sont plutôt ceux de l'ignorance. En sautant parfois quelques étapes pédagogiques.

Il faut alors un peu s'accrocher et intégrer des notions de chimie, de biologie, de génétique, d'évolution darwinienne ou d'astrophysique. La lecture virevolte sur les longues échelles de temps de l'ordre du milliard d'années, sur l'inerte et le vivant, sur le passé et le présent, sur la chimie fine de ce qui se joue entre quelques atomes ou quelques molécules.

Très rapidement, on comprend que le sujet n'est pas simple. De fait, le philosophe Christophe Malaterre rappelle qu'il existe une centaine de définitions de la vie ! Chacun ou presque ayant la sienne, cela influence la manière d'aborder la question.

### Un tour d'horizon complet du sujet

L'astrochimiste Louis d'Hendecourt cherche à comprendre comment les molécules complexes, sucres, acides aminés, etc., sont apparues simplement à partir de carbone, d'azote ou d'oxygène. La biochimiste Marie-Christine Maurel se demande, elle, comment passer de cette étape prébiotique à la vie elle-même. Son collègue biologiste moléculaire Patrick Forterre étudie notamment à quoi pouvait ressembler l'organisme ancestral commun aux trois règnes du vivant, bactéries, archées et eucaryotes. La question principale se scinde dès lors en plusieurs sous-questions. Les molécules complexes sont-elles arrivées sur Terre depuis l'espace ou ont-elles été créées sur place avec des briques simples ? Y avait-il de la vie sans les molécules d'ADN, avec par exemple des molécules plus simples comme l'ARN ? D'autres molécules que les bases actuelles de l'ADN existent-elles dans des cellules ancestrales ? Les membranes cellulaires actuelles sont-elles indispensables à la vie ou y a-t-il eu plus simple ? Où ranger les virus dans cette histoire ?...

Au fur et à mesure des échanges, le lecteur découvre les méthodes d'enquête de ces chercheurs, les conclusions auxquelles ils sont arrivés et les points sur lesquels les débats persistent. Des questions d'actualité surgissent aussi. Louis d'Hendecourt évoque ainsi la « survente » du projet de recherche de la vie sur Mars. A contrario, Patrick Forterre se plaint de la sous-médiatisation d'un travail montrant le rôle-clé des virus dans la vie elle-même. Les projets en biologie de synthèse de « création de la vie » sont également critiqués. Tout comme celui baptisé SETI, sur la recherche de vie extraterrestre.

Si le dispositif de l'échange fonctionne sur certains des points abordés, il montre toutefois parfois ses limites. Comme les experts de différents maillons de la chaîne ont été convoqués, il n'y a pas vraiment de dialogue entre eux. Lorsque l'un défend une certaine hypothèse (et critique au passage celle de la partie adverse), ses collègues ne peuvent pas vraiment argumenter dans un sens ou dans un autre.

Il n'empêche qu'on découvre une science bien vivante et passionnante. Et l'une des conclusions laisse un goût amer. Tous semblent s'accorder pour dire que la communauté scientifique (et ses tutelles) ne parvient pas à réunir des compétences complémentaires (et des moyens) pour venir à bout de la question des origines de la vie. Or la réponse ne leur semble pas hors de portée. Christophe Malaterre évoque même des collègues travaillant « au noir » sur ces questions !

De l'inerte au vivant, une enquête scientifique et philosophique, de Patrick Forterre, Louis d'Hendecourt, Christophe Malaterre et Marie-Christine Maurel (*La ville brûle*, « 360 », 220 p., 20 €).

## Des billets de banque comme analgésiques



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

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

Si vous suivez avec fidélité cette chronique de la science improbable – et on voit mal comment il saurait en être autrement –, vous souviendrez-vous qu'elle s'est il y a quelques semaines fait l'écho d'une étude

montrant que l'efficacité d'un analgésique était davantage fonction de son prix que de son principe actif ? Plus le cachet est cher, plus il soulage (le patient et son portefeuille) : pour bien lutter contre la douleur, le médicament doit avant tout faire souffrir le compte en banque.

Mais il y a encore plus étonnant que cet effet placebo du prix. Selon une étude américano-chinoise publiée en 2009 dans la revue *Psychological Science*, l'argent lui-même serait un bon analgésique. « Tu as la migraine, chéri(e) ? Va tirer quelques billets au distributeur automatique. »

Ces chercheurs sont partis de l'idée selon laquelle l'argent provoque chez son possesseur un sentiment de bien-être, de force, d'efficacité, peut-être en activant la production d'endorphines, molécules du soulagement. Pour valider cette hypothèse, ils ont mis au point trois séries d'expériences. Au cours de la première, ils se sont aperçus que des « cobayes » exclus d'un groupe social – et donc en souffrance morale – étaient avides d'espèces sonnantes et trébuchantes : ils dessi-

naient des pièces de monnaie plus grandes qu'elles ne l'étaient en réalité et se disaient davantage prêts à renoncer à certains plaisirs pourvu qu'ils fassent fortune. L'argent, remède à tous leurs maux.

La deuxième série de tests était bien plus attrayante. Les participants étaient divisés en deux groupes. Le premier passait quelques instants à compter 80 morceaux de papier tandis que l'autre devait dénombrer autant de billets de banque. Puis tout le monde mettait la main dans un dispositif destiné à l'immobiliser, deux doigts trempan dans de l'eau chaude. Pour certains, une eau à 43 °C pendant 3 minutes, ce qui procure une sensation désagréable. Pour d'autres, un traitement plus douloureux : 90 secondes à 43 °C, 30 secondes à 50 °C, puis une minute à 43 °C. Pas de quoi se brûler vraiment, mais presque. Et, bien sûr, ceux qui avaient touché au grisbi souffrirent moins que les autres. L'argent protecteur : Picsou est toujours en pleine forme, à nager dans ses milliards.

Enfin, au cours des dernières expériences, une moitié des

cobayes dressait par écrit la liste de ses dépenses du mois écoulé, tandis que l'autre racontait le temps qu'il avait fait. Puis recommençait le jeu de l'exclusion sociale ou celui des doigts immergés dans l'eau chaude. Dans les deux cas, ceux qui s'étaient remémoré la perte d'argent souffrirent davantage, que ce soit moralement ou physiquement, comme s'ils étaient victimes du mal dont est atteint Panurge dans le *Pantagruel* de Maître Rabelais : « *Faulte d'argent, c'est douleur non pareille.* »

A l'attention de Jérôme C. et de Bernard T., qui nous lisent, le malade souffre à mesure de l'attachement qu'il avait pour sa fortune. Un certain Harpagon a décrit les symptômes : « *Mon esprit est troublé et j'ignore où je suis, qui je suis et ce que je fais. Hélas ! Mon pauvre argent, mon pauvre argent, mon cher ami ! On m'a privé de toi ; et puisque tu m'es enlevé, j'ai perdu mon support, ma consolation, ma joie ; tout est fini pour moi, et je n'ai plus que faire au monde. Sans toi, il m'est impossible de vivre. C'en est fait, je n'en puis plus, je me meurs, je suis mort, je suis enterré.* » ■



### Un tarsier vieux de 55 millions d'années

Ce fossile, retrouvé il y a dix ans dans la province d'Hubei, en Chine, était un défi pour les paléontologues. Devait-on classer ce primate, vieux de 55 millions d'années et le plus ancien qui soit aussi bien conservé, sur la branche évolutive donnant naissance aux tarsiers, ou sur celle

conduisant aux anthropoïdes – dont nous faisons partie ? Une équipe internationale tranche dans *Nature* du 6 juin pour la première hypothèse. *Archicebus achilles*, petit insectivore diurne, ne mesurait que 71 mm, plus 130 mm de queue.

(PHOTO: PAUL TAFFOREAU/ESRF AND XIJUN NI/CHINESE ACADEMY OF SCIENCES)

## Une classe de découvertes... scientifiques



LES COULISSES DE LA PAILLASSE

Marco Zito

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

La consigne était : « *Demain, venez à l'école avec des glaçons.* » Si certains enfants ayant consulté leurs parents sont arrivés avec une glacière, un autre, moins prévoyant, est venu avec un sac plastique troué et à moi-

tié vide. Les glaçons, passés à l'état liquide, s'en étaient échappés. La situation, un peu cocasse, allait fournir une des données analysées par ces jeunes expérimentateurs.

C'était l'un des ateliers proposés, entre 2004 et 2010, par l'équipe pédagogique de l'école primaire Boucicaut (Paris, 15<sup>e</sup>), avec l'aide d'Yves Noat, chercheur au CNRS (Institut des nanosciences de Paris). Cette initiative – décrite dans un article intitulé « Des chercheurs en herbe à l'école Boucicaut » dans le numéro 33 de la revue *Reflète de la physique* de la Société française de physique – s'inscrit dans la continuité du projet La main à la pâte, lancé par le Prix Nobel Georges Charpak. Celui-ci avait proposé d'initier les enfants à la science non comme somme de connaissances à recevoir passivement mais comme démarche active. Il s'agit d'« amener les enfants à se questionner sur un thème choisi, puis [de] les accompagner dans une démarche réflexive et expérimentale pour tenter de trouver et d'élaborer leurs réponses ».

Tout commence avec une question. Par exemple : « Qu'est-ce que le

son ? » Pour y répondre, les enfants sont invités, lors de séances hebdomadaires, à produire des sons de différentes natures. Après la phase expérimentale en petits groupes vient le temps de la mise en commun, avec une discussion pour dégager une synthèse et si possible un début d'explication. Ensuite c'est le passage à l'écrit, qui permet de travailler aussi la rédaction.

Au fil des expériences, les enfants arrivent à saisir l'origine du son, avec le concept de vibration. Ils peuvent d'ailleurs en faire l'expérience directement en touchant la lame d'un xylophone. Avant d'arriver à cette conclusion, les enfants ont pu enrichir leurs connaissances en remarquant que « *le son se déplace, se disperse, rebondit* » et qu'« *il a quelque chose à voir avec l'air* ». Dans un autre atelier, les enfants se confrontent à la notion de mesure du temps et de l'espace et découvrent le concept d'échelle. Il s'agit de la durée d'une chanson très courte, joliment appelée « Canard ». Lors des expérimentations, les enfants ont tenu des cahiers d'expériences, avec croquis, commentaires et hypothèses.

L'objectif avancé par l'équipe est d'aller vers une école plus humaine et plus créative. Avec beaucoup de respect pour tous ceux qui s'impliquent dans l'éducation à tous les niveaux, il faut constater que l'organisation actuelle de l'enseignement et les programmes ne vont pas forcément dans ce sens. Or le meilleur aiguillon de l'apprentissage est l'environnement de connaître et de comprendre.

L'école doit aussi être le lieu où cette dimension peut éclore. De plus, la démarche expérimentale permet de développer la faculté d'observation et d'abstraction, la rigueur et une certaine dose d'esprit critique. Ce sont des acquis fondamentaux dans tous les domaines de l'activité humaine. Il faudrait réfléchir à la façon de développer, et même de généraliser, ces partenariats entre chercheurs et équipes pédagogiques.

En guise de conclusion, je vous laisse avec la question posée par les auteurs de ces ateliers : « *Une vie de l'esprit en marge du fonctionnel et de l'utilitaire n'est-elle pas nécessaire, y compris à l'école, en tant que contrepoint au sein d'une société ultra-matérialiste ?* » ■

PROPOS RECUEILLIS PAR  
PAUL BENKIMOUN ET HERVÉ MORIN

L'écrivain américain Richard Powers, invité des récentes Assises internationales du roman à Lyon, explore depuis bientôt trente ans les liens intimes entre la science et la technologie et nos destins individuels et collectifs. Longtemps immergé dans un institut scientifique à l'université d'Urbana-Champaign (Illinois), auteur d'une dizaine de romans, il a reçu le National Book Award en 2006 pour *La Chambre aux échos* (Le Cherche Midi, 2008).

#### D'où vient votre intérêt pour la science ?

Cet intérêt a été très précoce. Mon père l'a nourri. Une enseignante, quand j'avais 9 ou 10 ans, m'a aussi donné des livres sur l'évolution, puis un exemplaire du *Voyage du Beagle*, de Charles Darwin. Il ne s'agissait pas d'une histoire sur la science, mais d'un document de première main écrit par l'homme qui allait assembler le puzzle de l'évolution, alors même qu'il en réunissait les pièces. J'ai réalisé qu'il s'agissait d'un processus social. Que ce gars ne savait pas sur quoi il allait tomber, il accumulait toujours plus de preuves et faisait des spéculations aventureuses.

Mon père m'a alors donné un livre qui mettait en scène la controverse Darwin-Wallace, qui montrait comment Darwin s'était assis sur sa découverte pendant des années, jusqu'au moment où il avait reçu cette lettre de Wallace qui disait : « Je crois avoir découvert cette chose importante qui pourrait vous intéresser. » Pourquoi Darwin avait-il attendu aussi longtemps ? Pourquoi voulait-il se hâter désormais ? Je devais avoir 10 ans, et pour moi, c'est devenu un drame humain de première main. Ce n'était pas abstrait, mais personnel.

Et, comme beaucoup d'enfants, j'étais fasciné par la nature, par un simple cocon qui du jour au lendemain laisse échapper un papillon exotique : c'étaient mes deux premières passions, les livres et la nature.

#### C'est ce qui vous a conduit à l'université de l'Illinois ?

Mon père avait une préférence pour les sciences dures, plus reproductibles. Je me suis orienté vers la physique. Le modèle standard en physique, si bordélique, excitait mon imagination. Puis j'ai eu une conversion : je me sentais un peu claustrophobe, coincé dans des pièces de plus en plus petites à mesure que je me spécialisais, lorsque j'ai rencontré un mentor en classe de littérature.

J'ai commencé à lire des romans très sérieusement, et cela ne m'a pas paru très différent de l'histoire d'un jeune homme qui espère faire une découverte inattendue, qui est effrayé de la façon dont elle pourrait être accueillie par le public, tout en étant poussé à avancer par des questions d'ego. C'est le meilleur roman que vous puissiez écrire. J'ai réalisé que la science était une matière brûlante.

Je ne parle pas de ce que les scienti-



CLAUDE GASSIAN  
POUR « LE MONDE »

## Richard Powers « La science est une matière dramatique brûlante »

ENTRETIEN | L'écrivain américain explique pourquoi recherche et technologie sont au cœur des histoires humaines de ses romans

tiques écrivent pour asseoir leur crédibilité : ils doivent diminuer la composante personnelle et se concentrer sur la validité de leurs résultats. Ils veulent garder le drame hors champ.

#### Sauf en fin de carrière...

En effet. Jacques Monod et James Watson, par exemple, se sont réintroduits dans le récit de leurs découvertes, mais après avoir eu le prix Nobel. Face à cette dissonance cognitive, je me suis dit : ne serait-il pas formidable de remettre de l'humain dans tout ça ? Mais aussi d'associer la science et la technologie aux histoires humaines, domestiques, traditionnellement réservées à la littérature.

Je dois préciser un épisode. À l'université de l'Illinois à Urbana-Champaign, en 1975, il y avait un système informatique très en avance sur son temps, dénommé Plato : cours en ligne, courrier électronique, écran tactile, jeu en réseaux, dont je me gavais

des week-ends entiers. Puis les premiers ordinateurs personnels se sont introduits dans nos vies, et j'ai compris que cela avait un effet sur nos cerveaux. J'ai réalisé que le téléphone, l'avion... toutes ces prothèses ont transformé l'humanité depuis toujours. Dans l'histoire rationnelle de la technologie, nous perdons la meilleure part : la façon dont nous nous reprogrammons pour penser que nous avons toujours été ainsi.

Donc on peut réintroduire des éléments dramatiques dans la science, mais on peut aussi injecter de la science et de la technologie dans les histoires humaines. J'ai soudain compris les romans de Jane Austen d'une tout autre manière, comme une réaction à la technologie qui dominait son temps.

#### C'est le cœur de votre travail ?

C'est exactement la même chose. Cela a commencé à m'insupporter

que le roman, qui est supposé offrir le regard le plus intime sur ce qui fait de nous des humains, se limite à une part très petite de l'iceberg : deux corps assis dans un café.

C'est en lisant des gens comme le sociologue Bruno Latour que j'ai compris que les humains sont des corps, plus toutes leurs actions, et toute la technologie qu'ils emmènent dans leur sillage. C'est ce qui leur donne le luxe d'être ce qu'ils sont.

Quand on lit la scène du fiacre de *M<sup>me</sup> Bovary*, celui-ci fait vraiment partie de l'histoire. Ce n'est pas seulement une scène de sexe, mais la description d'une nouvelle forme de vie privée qui devient disponible, d'un nouveau mode de déplacement excitant à travers le temps et l'espace.

Mais, dès le départ, mes romans ont été reçus par une voix qui disait : « Ne nous parlez pas des machines, de neurologie, d'intelligence artificielle. Parlez-nous des gens. »

#### Pourquoi cette résistance à la technologie, à la science ?

C'est un vestige du romantisme. Au XIX<sup>e</sup> siècle, l'idée dominante est : je suis le maître de mon destin, le capitaine de mon âme. Il y a une part de vérité, car le cerveau se ressent comme une âme. C'est poétique, mais aussi tragique, car c'est aussi un cerveau. Le roman romantique veut ignorer le cerveau et flatter l'âme.

J'ai été critiqué par des gens qui « trivialisent » ce que peut dire la science sur l'homme. Je suis aussi ému par les pinsons de Darwin que par Darwin lui-même. L'histoire humaine se déroule à des échelles supérieures à celle de la personne, mais aussi à des échelles inférieures. Pour moi, cela rend le mystère et le drame humains encore plus grands. C'est une matière dramatique bien plus vaste qu'un mariage ou la relation entre père et fils, que je ne juge pas triviaux mais que je veux porter dans d'autres cadres, et connecter à des processus plus larges. Pour avoir plus de façons de comprendre notre état.

#### Comment vos collègues scientifiques réagissent-ils à vos romans ?

Avec un certain amusement, de l'intérêt et un peu de fierté. Ce fossé selon lequel vous devez être intéressé ou par les faits, ou par les gens, est en train de se combler. Les scientifiques réalisent aussi que, bien qu'ils aient réussi au-delà de leurs rêves les plus fous dans la compréhension des choses, ils ont échoué de façon colossale à transmettre la signification de ces découvertes au grand public. Il y a quelques jours, je roulais sur l'autoroute aux États-Unis, dans l'Indiana. Sur le bord, il y avait un énorme panneau au bord de la route : « L'évolution est la religion de Satan »...

Quand les climatologues entendent des politiciens dire que le réchauffement n'est pas réel, ils comprennent qu'ils ont échoué. Et c'est en partie parce que les scientifiques ont enlevé l'humain de la science. Si, au lieu d'enseigner des faits empiriques indiscutables, ils avaient éduqué le public sur l'aspect social de la science, sur le fait qu'elle est aussi une histoire humaine, ils ne se le seraient pas aliéné à ce point.

#### Considérez-vous que l'acte de lire puisse changer les choses ?

Oui. Tout dépend des lecteurs, lorsqu'ils atteignent une masse critique, et modifient leur comportement individuel : cela peut devenir un agent social très puissant. Voilà où je voulais en venir : tout le monde comprend une histoire. Prenons la meilleure part de la littérature romantique, sa capacité à s'introduire dans votre poitrine pour saisir votre cœur, vous tordre l'estomac. Il faut s'emparer de tous ces procédés pour transformer le débat non en une argumentation intellectuelle, mais une argumentation viscérale, au service du récit de ce qui se passe réellement. Ce n'est pas une approche cognitive, mais une reconnaissance émotionnelle. Tant que nous ne les aurons pas réunies, nous n'aurons pas la maîtrise de notre condition humaine. ■

#### > Sur Lemonde.fr/sciences/

Retrouvez l'intégralité de cet entretien.

### AFFAIRE DE LOGIQUE

#### Ménage de pierres

N° 825

Un bijoutier possède de nombreuses pierres précieuses, de masses distinctes mais très proches. Le seul outil dont il dispose est une balance à deux plateaux. Cette balance, très précise certes, permet, à partir de deux pierres, d'indiquer sans l'ombre d'un doute la plus lourde des deux, mais elle exige de nombreuses et fastidieuses comparaisons.

Dans un premier temps, notre bijoutier souhaite classer, de la plus lourde à la plus légère, cinq pierres qu'il vient de recevoir.

Quel est le plus petit nombre de pesées qu'il doit prévoir pour être certain de parvenir à ses fins ?

Pour satisfaire ses trois clients les plus fidèles, le bijoutier souhaite extraire, dans l'ordre décroissant, les trois plus lourdes d'un lot de 33 pierres. La plus lourde ira au meilleur client, la suivante au deuxième, la troisième à celui qui vient en troisième position dans son classement des clients.

Quel est le nombre minimum de pesées qui permet à coup sûr cette extraction ? Et si le bijoutier souhaite extraire les trois pierres les plus lourdes de ce lot sans connaître leur ordre ?

#### SOLUTION DU N° 824

Le capital total au bout de l'année  $n$  est toujours un multiple de  $2^n$ .

En développant

$A = (\sqrt{3} + 1)^2 = 4 + 2\sqrt{3}$  et son carré  $A^2 = 28 + 16\sqrt{3}$ , on constate que  $A^2 = 8A - 4$ , et donc  $A^{n+2} = 8A^{n+1} - 4A^n$ .

$B = (\sqrt{3} - 1)^2$  vérifie la même relation  $B^{n+2} = 8B^{n+1} - 4B^n$ .

Le capital total au bout de l'année  $n$ ,  $C_n$ , qui s'écrit  $C_n = C_0(A^n + B^n)/2$ ,

vérifie donc pour tout  $n$  la relation : (\*) :  $C_{n+2} = 8C_{n+1} - 4C_n$

On remarque alors que :  $C_1 = 4C_0$  et  $C_2 = 28C_0$  sont bien respectivement multiples de  $2^1$  et  $2^2$ .

En utilisant la relation (\*), on montre alors de proche en proche que si  $C_n$  est multiple de  $2^n$  et  $C_{n+1}$  multiple de  $2^{n+1}$ ,

$C_{n+2}$  est multiple de  $2^{n+2}$ .

#### Débats du futur

• Prétexte à la rencontre et au dialogue entre les scientifiques et le grand public, « Mathématiques en images » est un cycle de projections-débats de l'Institut Henri Poincaré autour de films et documentaires scientifiques originaux. En cette année de « Mathématiques de la planète Terre », c'est le film *Au-delà de l'infini*, réalisé par Werner Herzog en 2005, qui sera projeté mardi 18 juin à 19h30 au cinéma *Le Grand Action*, dans le cinquième arrondissement de Paris.

Dans cette fable de science-fiction qui s'apparente à un opéra visuel, Werner Herzog brouille les frontières des genres et réalise, à partir d'images documentaires, une œuvre poétique qui, en faisant voir la Terre avec des yeux d'extraterrestres, met à mal la prétendue sagesse humaine. À l'issue de la projection, trois scientifiques, parmi lesquels Cédric Villani, échangeront leurs points de vue avec le public.

Accès gratuit sur réservation : <http://www.ihp.fr>

• Le « Digital Dark Age » désigne une situation (future ?) où les données électroniques seront illisibles, car stockées sur des supports caducs dans des formats oubliés. Quelle pérennité pour les œuvres conçues avec une technologie bientôt révolue ? Cette question cruciale touche le partage de la connaissance, y compris mathématique, autant que les disciplines artistiques. Un ensemble de débats et conférences autour de cette problématique, animés par des journalistes, des scientifiques et des musiciens, clôturera le cycle « Répliques art-sciences » coproduit par l'IRCAM et le Centre Pompidou. Il se déroulera à l'auditorium Debussy-Ravel de la Sacem (Neuilly-sur-Seine), vendredi 14 juin, à partir de 14 h 30. Accès gratuit sur réservation : 01 44 78 12 40

Infos sur <http://manifeste2013.ircam.fr/repliques/>

## Livraison

#### Roman Meurtre en physique des particules

Le mathématicien Alain Connes se met au roman policier avec sa femme, Danye Chéreau, et son directeur de thèse, Jacques Dixmier. Au CERN, temple de la physique des particules, une jeune chercheuse meurt au cœur du laboratoire. Le coupable est-il un amant jaloux ou un membre d'une équipe concurrente ? Au-delà de la fiction, l'ambition est surtout d'initier le lecteur aux mystères et aux plaisirs de la mécanique quantique. Une discipline qu'Alain Connes affectionne et sur laquelle il travaille avec l'abstraction mathématique de sa discipline. Le dénouement, très surprenant, bien qu'un peu osé, est une pirouette qui rejoint une autre préoccupation du chercheur, les neurosciences.

> « Le Théâtre quantique », d'Alain Connes, Danye Chéreau et Jacques Dixmier (Odile Jacob, 215 p., 20,90 €).

## GravitySpace, le plancher intelligent

Après les tablettes, les écrans ou les tables tactiles, voici un plancher de 8 mètres carrés avec lequel les personnes peuvent interagir par le seul fait de se déplacer dessus. Ce projet de l'université de Potsdam soutenu par Microsoft Research a été présenté à Paris lors de la conférence internationale sur les interfaces homme/machine (conférence CHI) du 27 avril au 2 mai.

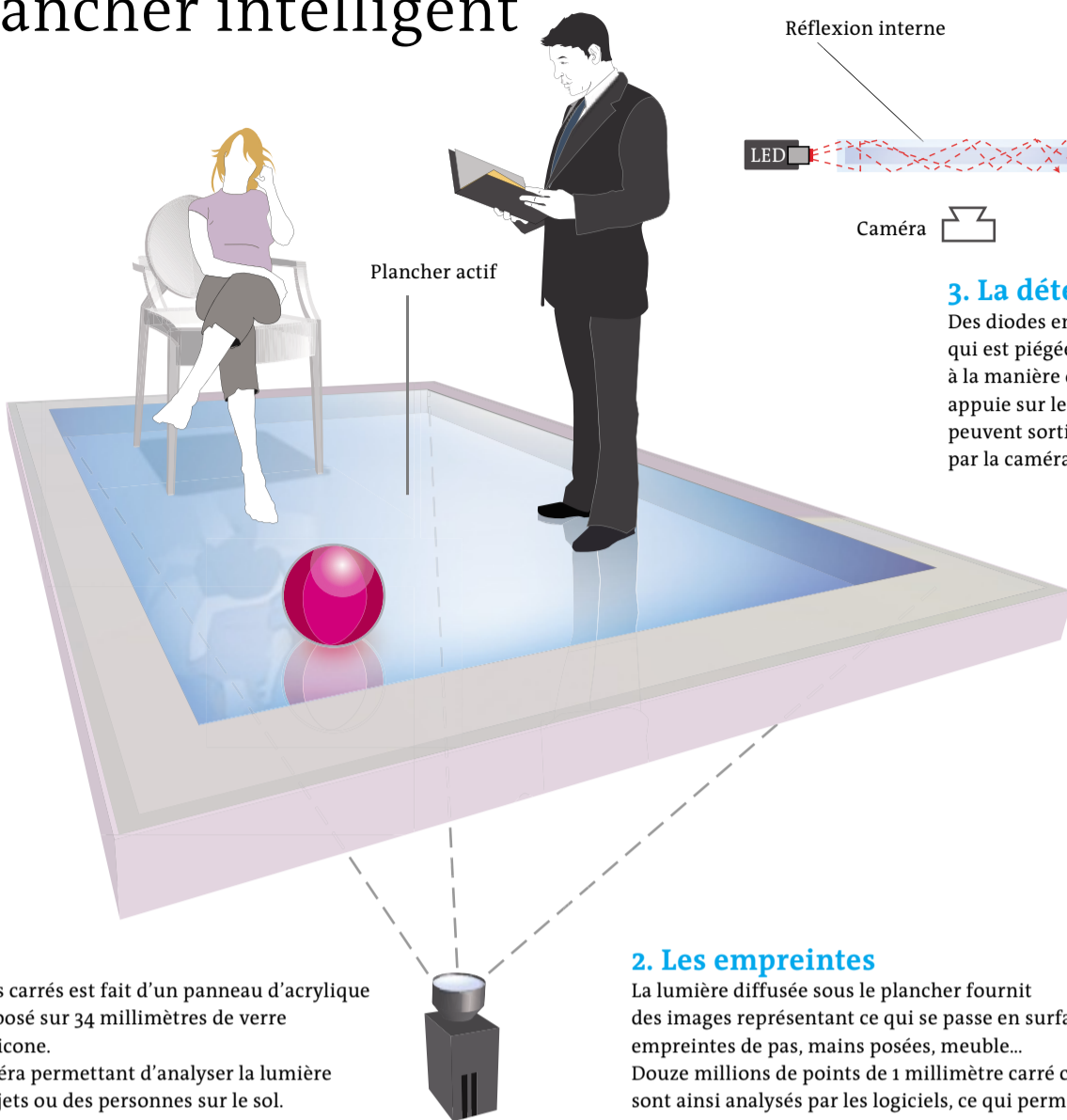
Cette surface reconnaît les personnes qui s'y déplacent et distingue si elles sont debout, assises par terre ou sur un meuble. Le système sait aussi si les gens sont sur un pied ou sur deux et peut même anticiper la direction du déplacement des marcheurs.

La détection repose sur une faible émission de lumière sous le plancher due à la pression exercée au-dessus par des humains ou des objets. Selon les chercheurs, cette technique offre plusieurs avantages par rapport à celles utilisant plusieurs caméras dans une pièce pour suivre ses occupants. Elle évite ainsi les problèmes lorsque des personnes se croisent. Les algorithmes sont aussi plus simples car ils ne traitent que des objets à deux dimensions (les traces sur le plancher) au lieu de trois pour le suivi par caméra. En guise de démonstration, l'équipe a montré qu'elle identifie plus de 99 % des empreintes si la marche est lente et 86 % des postures. Un jeu vidéo a aussi été contrôlé par le déplacement latéral et d'avant en arrière du joueur.

## 1. Le dispositif

Le plancher tactile de 8 mètres carrés est fait d'un panneau d'acrylique de 8 millimètres d'épaisseur, posé sur 34 millimètres de verre et protégé d'une couche de silicone.

Dessous est installée une caméra permettant d'analyser la lumière émise à cause du poids des objets ou des personnes sur le sol.



## 2. Les empreintes

La lumière diffusée sous le plancher fournit des images représentant ce qui se passe en surface : empreintes de pas, mains posées, meuble...

Douze millions de points de 1 millimètre carré chacun sont ainsi analysés par les logiciels, ce qui permet de savoir ce qui se passe sur le plancher.

## 3. La détection

Des diodes envoient de la lumière infrarouge qui est piégée dans la couche d'acrylique à la manière d'une fibre optique. Lorsqu'un objet appuie sur le matériau, les rayons lumineux peuvent sortir du guide d'ondes et sont captés par la caméra.

Echelle non respectée

INFOGRAPHIE LE MONDE

SOURCE : www.hpi.uni-potsdam.de/baudisch/projects/gravityspace.html

Le psychiatre Patrick Lemoine dénonce un « lobbying inconscient » de certains politiques et relais d'opinion, qui tend à minimiser les dangers du cannabis et à encenser ses vertus thérapeutiques

## Shit, le bien nommé cannabis !

| TRIBUNE |

Depuis une bonne quarantaine d'années (soit presque deux générations), l'usage « récréatif » du cannabis ne cesse de croître régulièrement dans la population française, avec des âges d'initiation de plus en plus précoces chez les adolescents et même les préadolescents. Parallèlement à ce phénomène, il existe un véritable lobbying, souvent inconscient, et très souvent de type bobo, et certains groupes de pression tendent à faire penser au grand public que le haschich pourrait avoir des vertus thérapeutiques et que, de toute manière, il est beaucoup moins dangereux que le tabac pour les poumons et les artères, ce que les adolescents ne manquent pas de gôber.

Mais qu'en est-il exactement ? Quels sont les risques engendrés par le chanvre indien et quelles pourraient être ses vertus ?

Les dangers sont nombreux. Il semble désormais établi que la consommation de haschich déclenche des processus psychotiques qui n'auraient probablement pas existé sans ce type de consommation. Cette complication majeure concerne probablement les sujets dits vulnérables d'un point de vue génétique. Nous savons aujourd'hui qu'un usage précoce entraîne un plus grand risque, puisque 10 % des adolescents ayant débuté leur consommation de cannabis dès l'âge de 15 ans ont présenté une schizophrénie dans les dix ans qui ont suivi, et qu'ils sont nettement moins nombreux quand la consommation ne débute qu'à 18 ans. Ce seul effet secondaire devrait suffire à faire réfléchir, car la schizophrénie est l'un des drames humains les plus terribles qui soient.

Il est également démontré que les adolescents consommateurs réguliers de haschich deviennent moins intelligents que les autres une fois devenus adultes. La mémoire à court terme est durablement et intensément perturbée chez l'adolescent qui consomme régulièrement. L'usage du cannabis provoque un désintérêt pour les études, des échecs scolaires, un arrêt du cursus scolaire... Heureusement, à ce stade et dans ce domaine, contrairement à la psychotique qui est définitive, le cannabis ne crée pas d'altérations irréversibles.

Dépendance, isolement et retrait social sont aussi constatés chez les plus gros

consommateurs. La ligne rouge est franchie quand les jeunes se mettent à fumer seuls. La conséquence du retrait social, de la démotivation, de l'échec scolaire et professionnel est évidemment le syndrome dépressif que l'on voit régulièrement apparaître.

Parallèlement, la fréquentation des dealers, nécessaire pour s'approvisionner, augmente le risque de basculer dans des consommations de drogues encore plus dures et de côtoyer des milieux peu recommandables.

La consommation de cannabis, surtout quand elle est associée à l'alcool, entraîne par ailleurs de grosses perturbations au niveau de la coordination motrice et augmente malheureusement considérablement le risque d'accident de voiture, ce

**Le haschich actuel, qui contient jusqu'à 22 % de principe psychoactif, le THC, n'a plus rien à voir avec le joint de 1968, qui en affichait de 1 % à 5 %**

qu'on déplore presque chaque week-end à la sortie des boîtes de nuit.

Enfin, les conséquences sont potentiellement sérieuses sur le plan médical. La consommation régulière de joints chez l'homme contribue à une baisse de la fertilité. Pendant la grossesse, la consommation de cannabis risque d'entraver l'activité cérébrale du fœtus, retardant le développement du cerveau in utero, avec les conséquences que l'on peut imaginer. Et fumer du cannabis entraîne clairement une augmentation des risques de cancer.

Qu'en est-il des vertus ? Il semble indiscutable que l'usage du cannabis apaise l'anxiété mais au prix de la dépendance, laquelle

est nettement plus importante et surtout plus dangereuse que les médicaments tranquillisants qui, pourtant, ne sont pas dénués d'inconvénients.

Le lecteur doit comprendre que des symptômes comme l'anxiété doivent être traités de manière psychologique, car l'organisme a tendance à devenir paresseux : à force d'être soulagé par des produits chimiques, que ce soit l'alcool, le cannabis ou les tranquillisants, il n'arrive plus qu'il peut faire face avec ses propres moyens. C'est ce qu'on appelle la dépendance, qui engendre la tolérance ou nécessite d'augmenter les doses pour obtenir les mêmes effets.

De même que nous sommes capables de fabriquer nous-mêmes des médicaments endogènes naturels semblables aux anxiolytiques genre Lexomil, Tranxène, Temesta, pour ne citer que les plus courants, notre corps se montre capable de synthétiser du cannabis. Alors, de grâce, plutôt que de recourir à la chimie des plantes ou des laboratoires, apprenons ou réapprenons à la fabriquer nous-mêmes avec notre propre cerveau. C'est légal, agréable, facile et... sans danger !

La douleur est peut-être le seul domaine où l'usage thérapeutique du cannabis peut être défendu. Il existe des recherches sur la douleur cancéreuse qui ont montré une efficacité dans des cas où les antalgiques conventionnels deviennent inefficaces. Et, malheureusement, quand on en est à ce stade de la maladie, devenir dépendant du cannabis n'est pas vraiment un problème !

Le débat lancé régulièrement par des politiques bobos et repris par des journalistes post-soixante-huitards est systématiquement déformé par ce que les psychiatres appellent la projection. Ces responsables, ou soi-disant tels, n'ont en général pas de formation scientifique et raisonnent sur des bases idéologiques, émotionnelles, électorales et surtout en fonction de leur propre expérience, laquelle est biaisée, car le haschich actuel, qui peut contenir jusqu'à 22 % de tétrahydrocannabinol, principe psychoactif du cannabis, n'a plus rien à voir avec le joint de 1968. Pour information, celui de l'époque en contenait entre 1 % et 5 % au maximum. Ces beaux esprits ont (un peu) fumé du « haschich light » au cours de leur adolescence et ne voient pas

où est le problème. Pour eux, il n'y a pas eu de conséquences. Peut-être serait-il bon de les inciter fortement à séjourner dans des services de jeunes schizophrènes afin qu'ils voient ce que cette maladie représente comme tragédie humaine, comme gâchis pour des ados et leurs familles, car la schizophrénie est un cyclone, un tsunami, qui ruine des vies entières...

Faire prendre ce genre de risque à des jeunes au nom de l'échec de la prohibition me semble profondément irresponsable et surtout... totalement stupide. Finalement, peut-être qu'au fond le cannabis a eu chez eux plus d'effets néfastes qu'on ne pense ! ■

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

Patrick Lemoine est psychiatre, directeur médical international de la division psychiatrie du groupe Clinéa. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages dont « Le Mystère du nocebo » (Odile Jacob, 2011).

