

## Évolution

### Plumes, poils, écailles : une même origine

**L**e processus de formation des poils des mammifères et celui des plumes des oiseaux présentent des similitudes. Ils débutent par un placode anatomique, un épaississement de l'épiderme, au niveau embryonnaire. Nicolas Di-Poi et Michel Milinkovitch, de l'université de Genève, ont aussi observé ce phénomène chez les reptiles à écailles. Si les placodes n'avaient jamais été repérés auparavant lors de l'embryogenèse de ces animaux, c'est parce qu'ils ne se produisent jamais au même moment et au même endroit. Ce résultat est confirmé au niveau moléculaire, avec des marqueurs similaires et l'implication d'un gène commun chez les oiseaux, les reptiles et les mammifères.

W. R.-P.

N. Di-Poi et M. Milinkovitch, *Science Advances*, en ligne le 24 juin 2016

## Neurosciences

### Trop de faux positifs avec l'IRMf

**L'**imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) a révolutionné les neurosciences en une vingtaine d'années. Fondée sur la modification des propriétés magnétiques des tissus due à l'apport d'oxygène par le sang, cette méthode d'imagerie cérébrale identifie les zones du cerveau en activité, qui sont intensément irriguées. Cependant, une étude dirigée par Anders Eklund, de l'université de Linköping, en Suède, vient remettre en question les résultats de milliers d'articles utilisant cette technique : les principales méthodes de traitement des données issues d'IRMf sous-estiment le risque de faux positifs.

L'obtention d'une carte en 3D des zones actives du cerveau nécessite des traitements statistiques complexes pour extraire les signaux pertinents du « bruit » lié au fonctionnement cérébral au repos. L'analyse s'effectue d'abord sur chaque unité spatiale du cerveau (nommée voxel). Ces voxels sont ensuite regroupés en structures plus larges. Les résultats sont alors présentés avec une tolérance maximale de 5 % de faux positifs. Or Anders Eklund et ses collègues ont montré que ce seuil n'était pas vérifié par trois des principaux logiciels utilisés par les spécialistes.

Martin Tiano

A. Eklund et al., *PNAS*, vol. 113(28), pp. 7900-7905, 2016

## Physique

### Les vagues d'un miroir temporel

**C**omment inverser certains processus et reconstituer, par exemple, le vase qui vient de se briser en morceaux ? Si cela semble impossible, plusieurs méthodes ont été développées ces dernières années dans le cas de la propagation des ondes. L'équipe d'Emmanuel Fort et Mathias Fink, à l'institut Langevin (ESPCI-CNRS), apporte une nouvelle pierre à l'édifice.

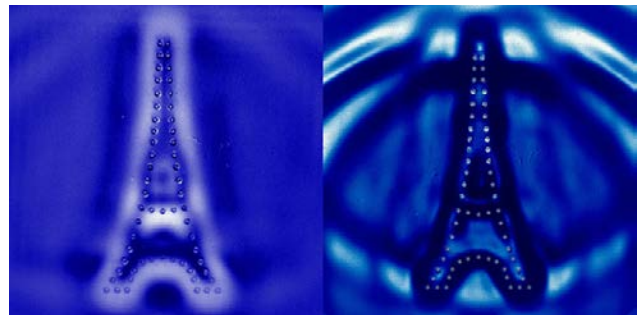
Une technique classique consiste à placer des « antennes » émettrices-réceptrices en divers points d'un milieu où se propage l'onde – qu'elle soit acoustique, électromagnétique ou une ondulation à la surface de l'eau. L'onde est alors enregistrée, traitée puis réémise « à l'envers » par les antennes. Celle-ci va en quelque sorte revivre sa vie passée en se propageant comme si le temps était inversé. C'est le principe des « miroirs à retournement temporel », qui ont de nombreuses applications.

L'équipe d'Emmanuel Fort et de Mathias Fink a trouvé un moyen de se passer de ces antennes. Dans leur dispositif, ils créent une onde dans une cuve d'eau. Au début, l'onde se propage. Puis une forte mais très brève perturbation, ici une accélération verticale de la cuve, dédouble l'onde : l'une des deux ondes résultantes continue de se propager normalement, tandis que la seconde rebrousse chemin et se refocalise sur la source de l'onde initiale. Cette seconde onde équivaut à l'onde initiale qui remonterait le temps.

Que se passe-t-il ? La perturbation fausse les conditions de validité du principe de Huygens-Fresnel qui décrit classiquement la propagation d'une onde. On montre alors que l'onde qui « remonte le temps », normalement détruite par des interférences, peut se former.

S. B.

V. Bacot et al., *Nature Physics*, en ligne le 11 juillet 2016



© V. Bacot et al./Nature Physics

Même en partant d'un motif complexe tel que des ondes engendrées par une petite tour Eiffel placée à la surface de l'eau, le système parvient à réfléchir l'onde et la refocaliser à sa source.

#### Une planète naine au-delà de Neptune

Provisoirement nommée RR245, une planète naine a été découverte dans la ceinture de Kuiper, au-delà de l'orbite de Neptune. Son diamètre est d'environ 700 kilomètres et sa période de révolution autour du Soleil dure 700 années terrestres. Elle se dirige actuellement vers son périhélie, le point de sa trajectoire le plus proche du Soleil, à 34 unités astronomiques, qu'elle atteindra en 2096. Son orbite est très étirée : son aphélie, le point le plus éloigné, se trouve à 120 unités astronomiques du Soleil.

#### Une molécule contre trois parasites

La maladie de Chagas, la leishmaniose et la maladie du sommeil touchent 20 millions de personnes dans le monde et en tuent plus de 50 000 chaque année. Les agents responsables sont des parasites unicellulaires similaires. Une équipe internationale dirigée par Frantisek Suppek, de

l'Institut de génomique de la fondation Novartis, à San Diego, en Californie, a sélectionné parmi des millions de molécules un composé, noté GNF5343, qu'elle a amélioré et testé chez des souris modèles : il se révèle bien toléré et très efficace contre les trois parasites, chez lesquels il perturbe la régulation des protéines.

Suivez les dernières actualités  
de Pour la Science  
sur les réseaux sociaux



Retrouvez  
plus d'actualités sur  
[www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

## POINT DE VUE

### Il est important de savoir comment l'ignorance est produite

*Certains champs du savoir sont délaissés ou, pire, font l'objet de manipulations délibérées. Étudier les mécanismes à l'œuvre et les connaître constituent un enjeu citoyen et de société.*

Mathias GIREL

L'ignorance est un thème dont l'importance est désormais reconnue dans le milieu académique, comme en témoigne un épais manuel publié en 2015 (*voir la bibliographie*). Il est temps que les autres acteurs de la société s'en emparent aussi. Car des questions de science ou de technologie s'immiscent de plus en plus dans les problèmes et les choix auxquels sont confrontés nos sociétés et leurs décideurs. Il suffit de penser aux plantes génétiquement modifiées, à l'énergie nucléaire, à l'impact des polluants sur la santé ou au réchauffement climatique.

La question du savoir, ou celle de son absence, est ainsi centrale pour les démocraties. Il s'agit entre autres de donner un accès plus large aux connaissances afin de donner corps à une citoyenneté éclairée. Cela fait de l'ignorance un problème politique. Par ailleurs, en raison de la complexité croissante des phénomènes et des savoirs, il nous faudrait apprendre à vivre et agir en contexte d'ignorance et d'incertitude.

Nous devons d'abord comprendre que l'ignorance offre des visages fort différents. Le plus familier d'entre eux est l'ignorance relative : on peut ignorer ce que d'autres savent. Les secrets industriels ou les secrets d'État, ou encore la méconnaissance d'aspects importants de la vie d'autres communautés sont des exemples d'une telle ignorance. Celle-ci renvoie alors à une répartition plus ou moins

inégal d'un savoir fiable et pose la question du préjudice (intellectuel, sanitaire, éthique, politique...) qui est causé quand une partie de la société n'a pas accès à ce savoir.

L'ignorance peut revêtir un sens plus fort lorsqu'elle renvoie à des attentes vis-à-vis d'une connaissance que personne ne possède encore, mais dont on pense qu'elle pourrait être produite et qu'elle serait utile pour trancher des questions ou conforter des revendications. Tout programme de recherche est, en ce sens, une délimitation d'ignorance intéressante (« Où est la matière noire ? », « À quoi la pandémie actuelle d'obésité est-elle due ? »...).

**Dans certains contextes,  
de l'ignorance est créée  
par les actions de collectifs,  
d'institutions...**

Stuart Firestein, neurobiologiste à l'université Columbia, a ainsi proposé de voir dans l'ignorance le moteur de la science. Le sociologue Scott Frickel, de l'université Brown, et ses collègues ont montré comment des collectifs, par exemple des riverains de sites de production chimique, pouvaient unir leurs efforts pour en appeler à une science qui n'est pas faite (*undone science*), par exemple celle de l'effet d'une exposition à des pics brefs mais intenses de pollution. La mobilisation se déroule autour d'une absence de connaissance, d'une ignorance, que l'on regrette.

On peut enfin choisir de ne pas entamer des travaux de recherche qui semblent trop dangereux, que ce soit par leurs résultats mêmes (par exemple en microbiologie, lorsqu'il y a un risque de produire une bactérie mortelle et très infectieuse) ou par leur instrumentalisation possible (par exemple sur la corrélation éventuelle entre quotient intellectuel et origine ethnique). C'est, dans de telles situations, une forme d'ignorance délibérément choisie.

Au-delà de cette première typologie, qui est à affiner, de nombreux chercheurs s'intéressent à la dynamique de l'ignorance et relèvent que, dans certains contextes, elle peut être « produite », résulter des actions de collectifs, d'institutions ou de cercles de réflexion.

Scott Frickel, en étudiant les réactions des agences environnementales à l'ouragan Katrina survenu en 2005, a ainsi montré comment les instances réglementaires, pour agir, produisaient de l'ignorance en se concentrant sur quelques familles de substances toxiques bien connues, en faisant abstraction des « effets cocktail », en extrapolant les données de produits bien documentés vers ceux qui le sont moins.

Cette ignorance produite à chaque étape n'a pas forcément été voulue ; elle résulte du besoin d'agir et du fonctionnement des institutions. De même, tout programme de recherche, dont le temps et les ressources sont limités, se concentre sur certains champs pour en laisser d'autres en jachère.

Nos intérêts – culturels, commerciaux, politiques – créent ainsi de l'ignorance, du moins de la connaissance qui n'est pas produite.

Certains, tel Robert Proctor, de l'université Stanford – qui a introduit le terme d'agnotologie pour désigner la « production culturelle de l'ignorance et son étude » –, pensent en outre que l'ignorance est parfois produite dans le cadre d'une stratégie délibérée.

Cet historien des sciences a documenté non seulement des dénégations de l'industrie du tabac sur la dangerosité de la cigarette, mais aussi la production de science déviante pour contrer un savoir médical déjà bien constitué, afin de peser sur l'activité réglementaire, l'expertise et la communication de résultats médicaux et épidémiologiques. C'est ainsi que, dans l'espoir de dissimuler la nocivité du tabac, le Comité de recherche de l'industrie du tabac a financé à l'envi des recherches sur à peu près toutes les autres causes du cancer du poumon.

Les historiens des sciences Naomi Oreskes, à l'université Harvard, et Erik Conway, à l'Institut de technologie de Californie, ont instruit un propos semblable à l'égard des climatosceptiques et de la mise en doute de l'origine anthropique du réchauffement climatique par des acteurs ayant des intérêts dans les énergies fossiles. Cette mise en doute équivaut, en pratique, à de l'ignorance, car elle rend inopérante une connaissance pour en déduire d'autres connaissances ou instruire l'action. Dans un cadre voisin, la journaliste française Stéphane Horel a livré une analyse saisissante de la controverse autour des perturbateurs endocriniens.

Dans tous ces cas, une connaissance corroborée a été masquée ou rendue inopérante, ce qui a créé une forme d'ignorance chez les décideurs ou le public. Stratégique dans certains cas, émergente dans d'autres, l'ignorance produite ne se présente cependant pas toujours sous un aspect tranché. Le domaine croissant de la philanthropie en matière de recherche scientifique relève de cette zone grise : ce financement, comme l'a montré la sociologue Linsey McGoey, de l'université d'Essex en Grande-Bretagne, se concentre en général sur des sujets à forte visibilité, en privilégiant, pour des raisons compréhensibles, l'impact le plus fort, le



**DÈS LES ANNÉES 1950, LES INDUSTRIELS DU TABAC** ont financé des études dans l'objectif de semer le doute sur les travaux scientifiques montrant que fumer augmente considérablement les risques de cancer du poumon. Des processus analogues de création d'ignorance seraient à l'œuvre concernant par exemple les perturbateurs endocriniens ou l'origine anthropique du réchauffement climatique.

### ■ L'AUTEUR



**Mathias GIREL** est maître de conférences au département de philosophie de l'École normale supérieure, à Paris, et dirige le Centre d'archives en philosophie, histoire et édition des sciences (CAPHES, ENS-CNRS).

### ■ BIBLIOGRAPHIE

M. Gross et L. McGoey [éd.], *Routledge International Handbook of Ignorance Studies*, Routledge, 2015.

R. N. Proctor, *Golden Holocaust - La conspiration des industriels du tabac*, Équateurs, 2014.

N. Oreskes et E. M. Conway, *Les Marchands de doute*, Le Pommier, 2012.

S. Frickel et al., *Undone science: Charting social movement and civil society challenges to research agenda setting*, *Science, Technology & Human Values*, vol. 35(4), pp. 444-473, 2010.

plus rapide et le plus visible possible. C'est parfois au détriment de sujets réputés peu vendeurs, au prix également d'une profonde désorganisation des équipes de recherche antérieures.

L'un des fronts les plus passionnants de la recherche actuelle en sciences humaines se concentre autour de la question de l'intention : dans quels cas sommes-nous fondés à estimer qu'une ignorance résulte d'une stratégie plutôt que d'effets structurels et institutionnels ? Et quelle est notre responsabilité à l'égard de ces angles morts de la connaissance ?

La réponse concerne au premier chef les communautés scientifiques correspondantes. Cependant, les sciences humaines, l'histoire, la sociologie, l'épistémologie, par l'éclairage fin qu'elles donnent des mécanismes de production d'ignorance, peuvent être d'un précieux secours pour les sciences de la nature et les sciences réglementaires face aux instrumentalisation possibles, tout comme elles fournissent des repères décisifs pour le débat public et citoyen autour des sciences. ■



Réagissez au  
Point de vue sur  
[www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

**HOMO SAPIENS INFORMATICUS** chronique de Gilles Dowek

## Informatique à l'école : en progrès, doit persévérer

*Depuis la rentrée 2016, les élèves ont des cours d'informatique. Reste le problème de la formation des enseignants.*



Cette rentrée des classes 2016, en France, est historique, car la refonte des programmes de l'école primaire et du collège introduit un enseignement de l'informatique à tous les niveaux, complétant les enseignements déjà présents au lycée, qui sont également renforcés, et en classes préparatoires. Le moment est bienvenu pour faire le bilan de l'action, concernant l'enseignement de l'informatique, des gouvernements qui se sont succédé pendant cinq ans.

Faire un cours demande quatre ingrédients : des élèves, des programmes, des enseignants et du temps, ce qui nous fournit quatre grilles d'analyse des progrès réalisés.

Les élèves sont ce qui manque le moins. Même quand les enseignements sont optionnels ou électifs, ils sont présents en nombre, qu'ils soient attirés par la discipline elle-même, par ses débouchés professionnels ou par sa méthode pédagogique, qui les met en position d'exercer leur créativité.

Les programmes, nous l'avons dit, viennent d'être modifiés. Et, même si tout est toujours améliorable, ils ont le mérite de proposer une progression cohérente et ambitieuse, avec une sensibilisation aux concepts de l'informatique – algorithme, machine, langage et information – à l'école primaire, un apprentissage de la programmation au collège et une approche plus scientifique au lycée. Tableau d'honneur donc sur ce point.

Sur la question du recrutement des enseignants, les résultats sont moins brillants. Pour avoir, à terme, des professeurs des écoles capables d'enseigner les rudiments

de l'informatique, la seule solution est de l'enseigner dans les écoles supérieures du professorat et de l'éducation, ce qui ne semble pas être la priorité de l'Éducation nationale. Et, malgré un effort substantiel de formation continue, notamment en partenariat avec le projet Class'Code, les solutions pérennes ne sont pas encore au rendez-vous.



**L'INTRODUCTION DE L'INFORMATIQUE**  
dès l'école primaire, en France, est une bonne nouvelle ; mais la réforme n'est pas à la mesure des défis de ce siècle.

Au collège, au lycée et en classes préparatoires, le recrutement des enseignants qui ont appris l'informatique à l'université devrait passer par les traditionnels concours, Capes et agrégation. Cependant, l'Éducation nationale, qui vient pourtant de créer un Capes de japonais, refuse obstinément l'obstacle. Et nous pouvons craindre que la timide création, en 2017, d'une option « informatique » au Capes de mathématiques, en lieu et place d'un véritable Capes d'informatique, ne soit pas à la mesure de l'enjeu, pourtant souligné par le plan présidentiel pour le numérique à l'école.

Sur la question du temps alloué à cet enseignement, les résultats sont encore moins probants : des enseignements optionnels et électifs au lycée, un enseignement partagé entre les mathématiques et la technologie au collège. L'Éducation nationale accumule les rustines, là où une réflexion de fond sur l'évolution des sciences au XXI<sup>e</sup> siècle et sur leur place dans notre monde – réflexion pourtant menée par l'Académie des sciences, le Conseil national du numérique, La Main à la pâte, etc. – devrait guider une réforme ambitieuse, pour nous permettre de relever les défis de ce siècle.

Le quinquennat 2007-2012 a permis les réflexions – en coopération avec l'association Enseignement public et informatique et avec ce qui allait devenir la Société informatique de France – qui ont mené à la création de l'enseignement informatique et sciences du numérique à la rentrée 2012. Le quinquennat 2012-2017 a permis la réflexion sur les programmes en vigueur depuis cette rentrée. Espérons alors que le quinquennat 2017-2022 permette d'avancer sur la question du recrutement des enseignants d'informatique et du temps alloué à son enseignement.

Dans l'hypothèse optimiste, il aura donc fallu trois quinquennats pour résoudre un problème simple. Si tel est le cas, nous devrions nous inquiéter de la vitesse d'horloge de nos institutions, qui semble croître moins vite que celle de nos ordinateurs. ■

*Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.*