



Un an après Fukushima, le succès d'un dosimètre fait main
Une association japonaise propose une application sur Applestore et un capteur en kit pour mesurer la radioactivité. Dix mille « compteurs Geiger de poche » ont été écoulés. **PAGE 8**



« Construire l'Internet de demain »
L'informaticien Serge Abiteboul élabore des outils sémantiques pour extraire des connaissances du Web, mieux que ne le font les moteurs de recherche actuels. Il inaugure un cours sur les sciences numériques au Collège de France. Entretien. **PAGE 3**



L'amicale des requins à pointes noires
En plongeant à Moorea (Polynésie), il a semblé à un chercheur français que les *Carcharhinus melanopterus* avaient des affinités électives. En utilisant des outils d'étude des réseaux sociaux pour suivre des groupes de squalos, il a confirmé cette intuition. **PAGE 7**

Sous l'œil des caméras intelligentes

Paradoxe : alors que la vidéosurveillance explose, il n'y a pas assez d'humains pour traiter cette information. Les laboratoires rivalisent d'invention pour offrir des outils de reconnaissance et d'interprétation des comportements. De quoi démocratiser Big Brother.

PAGES 4 - 5



L'artiste chinois Liu Bolin se met en scène, couvert de peinture, pour se fondre dans le décor. Photo tirée de la série « Hide in the City » : n° 27, « Creeping Forward », 2006.

COURTESY LIU BOLIN/GALERIE PARIS-BEIJING



CARTE BLANCHE

Roland Lehoucq

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

(PHOTO : MARC CHAUMEIL)

Il pleut des particules !

Nous sommes en avril 1912. Le physicien autrichien Victor Hess prépare le premier d'une série de sept vols en ballon destinés à résoudre un agaçant mystère. Dans sa nacelle, il embarque des instruments scientifiques que l'on nomme « électroscopes » qui servent à mesurer l'ionisation de l'air. L'appareil est composé de deux très fines feuilles conductrices suspendues à une électrode. Quand l'électrode est chargée, les feuilles le sont aussi et se repoussent mutuellement car elles portent alors des charges électriques de même signe. La mesure de leur séparation permet de déterminer la charge de l'électrode.

L'électroscope avait révélé l'ionisation de l'air, c'est-à-dire le fait qu'il contient des charges électriques négatives et positives. Initialement chargée positivement par l'opérateur, l'électrode attire les ions négatifs (ou vice versa), ce qui la décharge lentement. Pour les physiciens, l'ionisation de l'air résultait des rayonnements α (alpha), β (bêta) et γ (gamma) – émis par les éléments radioactifs présents dans la croûte terrestre et découverts quelques années avant. Ces rayonne-

ments sont caractérisés par différents pouvoirs de pénétration : le rayonnement α est arrêté par une feuille de papier, le β par une feuille d'aluminium, et le γ par plusieurs centimètres de plomb.

L'ionisation de l'air était attribuée à ce dernier, le plus pénétrant des trois. Si cette hypothèse était juste, l'ionisation devait décroître avec l'altitude et quasiment disparaître au-delà de 300 mètres. Des mesures effectuées au sommet de la tour Eiffel montrèrent qu'il n'en était rien : un rayonnement ionisant semblait présent dans l'atmosphère. En embarquant dans son ballon, Hess veut accumuler assez de mesures à différentes altitudes pour lever le mystère de ce rayonnement et en localiser la source. Au terme de ses vols, dont l'un culmina à 5350 mètres d'altitude, Hess rapporte une nouvelle extraordinaire : les rayons très pénétrants qui déchargent ses électroscopes ne viennent pas du sol ou de l'atmosphère, mais du ciel !

Victor Hess reçut en 1936 le prix Nobel de physique pour la découverte de ce rayonnement cosmique extraterrestre. Ses travaux déclenchèrent une vague d'expé-

riences qui prouvèrent que le rayonnement cosmique est constitué de particules chargées de grandes énergies. Dès 1930, il fut utilisé comme source pour explorer le monde subatomique, et permit de découvrir le positron, le muon, les pions et les kaons, marquant la naissance de la physique des particules. Ce n'est qu'en 1953 que les accélérateurs de particules permirent de dépasser les énergies du rayonnement cosmique et que les physiciens les abandonnèrent pour privilégier les collisionneurs de particules dont le Large Hadron Collider (LHC) est le dernier représentant.

Mais certaines particules cosmiques ont une énergie un million de fois supérieure à celle des protons du LHC ! En entrant dans l'atmosphère, elles produisent d'immenses cascades de particules secondaires observées grâce à l'Observatoire Pierre-Auger, dont les détecteurs sont répartis sur 3000 kilomètres carrés. L'origine de ces particules ultraénergétiques est encore inconnue, mais la pluie de particules cosmiques qui frappent la Terre a, depuis la découverte centenaire de Victor Hess, d'ores et déjà révolutionné notre vision du monde. ■

La Manche, route maritime à l'âge du bronze

ARCHÉOLOGIE | Mis au jour en 1992 à Douvres (Royaume-Uni), un bateau antique se retrouve au cœur d'un projet européen. Objectif : l'étude des sociétés maritimes qui peuplaient la région il y a trente-cinq siècles

STÉPHANE FOUCART

Douvres (Royaume-Uni),
envoyé spécial

Les archéologues le savent : une découverte doit parfois attendre longtemps avant de prendre tout son sens. C'est le cas du spectaculaire bateau de l'âge du bronze mis au jour, en 1992, à Douvres (Royaume-Uni). Il se trouve, vingt ans plus tard, au cœur du projet européen « Boat 1550 BC » qui vient d'être lancé et qui doit s'achever en 2014. Ce dernier, qui rassemble 70 scientifiques, a autant pour objectif l'étude des sociétés maritimes qui peuplaient, il y a quelque trente-cinq siècles, les côtes de la Belgique, du nord de la France et du sud de la Grande-Bretagne, que la diffusion vers le public et le monde enseignant des derniers résultats de la recherche. Mais, avant de se trouver au centre d'un projet scientifique, le bateau de Douvres a d'abord été une découverte

**C'est la plus grande,
la plus ancienne,
la mieux conservée
et la plus complexe
embarcation
destinée au large
jamais mise au jour
en Europe**

d'exception. C'est la plus grande, la plus ancienne, la mieux conservée et la plus complexe embarcation destinée au large jamais mise au jour en Europe. Le carbone 14 la place autour de 1550 avant notre ère.

Le 28 septembre 1992, deux archéologues du Canterbury Archaeological Trust (CAT) surveillent le chantier de creusement d'un tunnel, au beau milieu de Douvres, à 200 mètres de la mer. Vingt ans plus tard, l'un des deux hommes, Keith Parfitt, s'émeut toujours de l'enchaînement de hasards qui a conduit à la découverte... A l'heure du déjeuner, les premières planches apparaissent à peine, au fond d'un puits de six mètres de profondeur envahi par une eau boueuse. « Si, à ce moment-là, j'étais allé déjeuner avec mon collègue, les ouvriers auraient continué à creuser et nous

n'aurions jamais su que le bateau se trouvait là », raconte M. Parfitt.

L'embarcation mise au jour est dans un état de conservation exceptionnel, rendu possible par l'humidité du sol. « Le bois avait encore une couleur de miel lorsque nous le dégagions des sédiments », raconte Peter Clark, directeur adjoint du CAT, et il noircissait quasiment à vue d'œil au contact de l'air. »

Au cours d'une fouille éclair de deux semaines, un second puits est ouvert et l'embarcation est découpée en 32 pièces, puis extraite du sol. Une longueur de neuf mètres – le bateau en mesure à peine moins de trois de large – est sauvée. Creuser un troisième puits pour récupérer le reste « aurait pris deux semaines de plus », dit M. Clark. Mais les travaux publics n'attendent pas, et la fouille des archéologues est interrompue. Le reste de l'esquif demeure scellé dans le sous-sol de Douvres.

Réunis en conclave, des spécialistes d'architecture navale ont longuement analysé les neuf mètres récupérés, et en ont conclu qu'il en restait sans doute environ six sous terre. Le bateau – dépourvu de voiles – devait ainsi mesurer un peu plus de 14 mètres de longueur. C'était une vaste barque mue par 16 pagayeurs, et capable d'emmener à son bord quatre ou cinq personnes supplémentaires ainsi que diverses marchandises. Elle était composée d'un complexe assemblage de panneaux de chêne, liés par des cordages et calfatés par de la mousse végétale.

Pourquoi en faire, aujourd'hui, le centre d'un projet scientifique ? « Depuis cette découverte, les fouilles préventives nous ont permis de renouveler complètement la documentation archéologique pour cette période et dans cette région », explique Anne Lehoërf, maître de conférence à l'université Lille-III et chef du projet. Nous pensons désormais que les populations installées sur les côtes de la Belgique, du nord de la France et du sud de l'Angleterre partageaient une même identité : leur habitat – avec des maisons rondes dont nous ignorions l'existence il y a une vingtaine d'années –, leurs pratiques funéraires ou encore leurs céramiques. » De part et d'autre de la Manche et en Flandres, précise Jean Bourgeois, professeur à l'université de Gand (Belgique), « on retrouve par exemple les mêmes pratiques de crémation, les cendres étant placées dans des urnes de céramique grossière, installées au centre de "tombelles" » – c'est-à-dire de petits tertres circulaires.

A l'âge du bronze, cet espace culturel dit « espace Manche-mer du Nord », représentait « un sous-ensem-

ble culturel d'un ensemble bien plus vaste, le "complexe atlantique", qui s'étendait des côtes portugaises à la Grande-Bretagne », ajoute Marc Talon, responsable du projet à l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap). Destiné à traverser régulièrement la Manche, le bateau prend une importance nouvelle à la lumière des avancées de la recherche : il apparaît comme un ciment indispensable, nécessaire à la continuité culturelle observée des deux côtés de la Manche. Mieux : il souligne l'étrangeté de la notion moderne de frontière. « A l'époque, la mer ne semble pas, comme aujour-

d'hui, marquer de séparation entre les populations », dit M^{me} Lehoërf. C'est même le contraire, puisque, si on cherche des frontières "culturelles", il faut aller plus loin dans les terres pour les trouver. »

Dans le cadre du projet européen, une réplique à l'échelle un demi est en cours de réalisation avec les techniques et les outils de l'époque ; elle sera mise à l'eau, en mai, en attendant la construction d'une réplique grandeur nature. Elle formera l'une des pièces maîtresses d'une exposition qui s'ouvrira, fin juin, à Boulogne-sur-Mer, avant d'être présentée en Belgique et au Royaume-Uni.

Ce n'est pas tout. « Tout indique que le bateau n'était pas une épave mais qu'il a été "déposé", c'est-à-dire abandonné alors qu'il aurait sans doute encore pu servir », dit M^{me} Lehoërf. Or à l'âge du bronze, on constate que cette pratique est répandue : on a retrouvé des milliers de dépôts d'objets en bronze qui sont abandonnés sans que leurs propriétaires aient, semble-t-il, cherché à recycler le métal... » Comme si les objets, arrivés au terme d'un temps d'existence imparti, étaient rituellement mis au repos. Mais ces peuples sans écriture n'ont consigné nulle part leurs motivations ; c'est aux archives du sol de parler pour eux. ■



L'esquif a été mis au jour en 1992. Il est aujourd'hui visible au Musée de Douvres.

CAT

Des néandertaliens navigateurs ?

La découverte, en 1992, du bateau de l'âge du bronze de Douvres (Royaume-Uni), vieux de 3500 ans, est exceptionnelle à plusieurs égards. En particulier parce que les indices des voyages maritimes effectués aux plus hautes époques ne se révèlent la plupart du temps aux préhistoriens que de manière indirecte. Et qu'en l'absence de vestiges des embarcations ces preuves demeurent difficiles à croire. Ainsi de ces outils de pierre taillée – de style moustérien – découverts sur plusieurs îles grecques et détaillés par des chercheurs grecs dans la dernière édition de *Journal of Archaeological Science*. Ces découvertes indiquent que des hommes de Neandertal (*Homo neanderthalensis*), auxquels est associée la culture moustérienne, ont pris pied sur les îles de Lefkada, Kefalonia et Zakynthos, il y a environ 100 000 ans.

Or, malgré un niveau de la mer à cette époque plus bas de plusieurs dizaines de mètres par rapport à l'actuel, il a bien fallu à ces hominidés parcourir plusieurs kilomètres en haute mer pour coloniser ces îles. Ces indices d'une navigation hauturière pratiquée par une espèce humaine volontiers considérée comme dotée de capacités cognitives inférieures à celles de l'homme moderne (*Homo sapiens*) se heurtent bien souvent au scepticisme.

Pourtant, une industrie lithique vieille de quelque 130 000 ans a déjà été mise au jour, en 2009, sur l'île de Crète, montrant que des représentants du genre *Homo* – hommes modernes ou hommes de Neandertal, les outils découverts ne permettent pas de le dire – étaient déjà familiers de longues excursions en haute mer. ■

S.Fo.

L'imagerie cérébrale, « indic » judiciaire peu crédible

Un rapport parlementaire préconise de préciser, voire de supprimer l'usage de l'IRM fonctionnelle en justice

FLORENCE ROSIER

Depuis une quinzaine d'années, « les progrès de la neuro-imagerie ont permis d'extraordinaires avancées dans le domaine des neurosciences », rappelle l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Opecst) dans un rapport rendu public le mercredi 7 mars. Pour autant, « ces technologies provoquent des tensions d'ordre éthique, philosophique, juridique et social, car elles répondent partiellement aux interrogations que l'homme s'est posées (...) sur la pensée, la conscience, la mémoire, les émotions, la liberté, la responsabilité et le libre arbitre ».

Le défi est immense, comme le souligne le corapporteur Alain Claeys, député (PS) de la Vienne : « Les maladies mentales ou neurologiques affectent 38,2 % de la popu-

lation européenne. Mais les entreprises pharmaceutiques inventent très peu de nouvelles molécules contre ces pathologies. » Dans le même temps, « ces techniques font naître des espoirs disproportionnés : les images obtenues sont très belles mais on est très loin de décrypter le fonctionnement du cerveau ! D'où l'urgence d'informer nos concitoyens sur l'état des connaissances et les résultats qu'on peut en attendre », indique Jean-Sébastien Vialatte, député (UMP) du Var, corapporteur.

Que faire, notamment, de l'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle hors de la sphère médicale ou scientifique ? Elle permet de visualiser l'activation de certaines zones du cerveau lors de l'exécution de diverses tâches (motrices, cognitives...). En 2008, une IRM fonctionnelle était utilisée pour la première fois en cour de justice, en Inde, lors du procès d'une femme

accusée d'avoir empoisonné son ex-fiancé. Aux Etats-Unis, les tribunaux ont eu recours à l'imagerie cérébrale au moins 614 fois.

En France, la loi de bioéthique du 7 juillet 2011 a élargi l'usage de l'imagerie cérébrale à l'expertise judiciaire, en sus de son utilisation à des fins médicales ou pour la recherche. Cela confère à cette technique « une force probante qui renforce le risque de dérives, tel l'usage à l'embauche ou par les compagnies d'assurance », explique Alain Claeys. C'est pourquoi l'Opecst recommande de « préciser, voire supprimer la possibilité d'utiliser l'imagerie cérébrale en justice ».

« Dans l'avis qu'il rendra prochainement, le Comité national consultatif d'éthique (CCNE) est totalement en phase avec cette idée », indique Ali Benmakhlouf, professeur de philosophie, corapporteur de cet avis du CCNE avec Yves Agid, professeur de neurologie. Pour le philosophe, « il est illusoire de pen-

ser que l'IRM fonctionnelle puisse à elle seule prouver la culpabilité d'un accusé. Le droit de la défense fait toujours appel à un débat contradictoire ».

« Consentement éclairé »

Cet avis est « tout à fait partagé » par Stéphane Lehericy, responsable de la plate-forme de neuro-imagerie de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM, hôpital de La Pitié-Salpêtrière, Paris).

« L'IRM fonctionnelle ne peut être utilisée pour prédire de façon suffisamment fiable un comportement individuel, explique le professeur de neuroradiologie. C'est un outil de recherche pour appréhender le fonctionnement du cerveau à l'échelle d'un groupe. On n'en tire le plus souvent que des statistiques, obtenues dans des conditions expérimentales données, pas dans la "vraie vie". »

« Ces techniques posent aussi le problème de la sécurité des patients

et de la confidentialité des données issues de la neuro-imagerie », relève Jean-Sébastien Vialatte. L'Opecst recommande donc de renforcer le codage et la sécurisation des données de l'assurance-maladie et des banques de données médicales, et la sécurité de l'hébergement et du transfert des données d'imagerie cérébrale.

Pour les personnes acceptant de se soumettre à des traitements ou recherches utilisant l'imagerie cérébrale, l'Opecst recommande de « préciser la notion de consentement éclairé » en cas de « troubles légers du comportement ».

Selon Alim-Louis Benabid, neurochirurgien et physicien, qui, le premier, a appliqué la technique de stimulation cérébrale profonde à l'homme pour traiter la maladie de Parkinson, « plus largement, ce qui compte, c'est de s'assurer que la personne qui donne son consentement éclairé a bien compris le contenu de l'information ».

Aujourd'hui président de l'Institut Clinatex, récemment créé au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) à Grenoble pour développer la recherche sur les neuroprothèses et la stimulation cérébrale, Alim-Louis Benabid approuve la recommandation de l'Opecst d'établir un guide de bonnes pratiques en terme éthique sur l'usage des implants cérébraux.

« Se profile ici la peur qu'on fasse de la stimulation cérébrale pour autre chose que le bien du malade. Ce n'est pas la réalité ! » note-t-il toutefois. Dès 2003, il était à l'origine de recommandations de bonnes pratiques pour l'application de la stimulation cérébrale profonde aux troubles obsessionnels compulsifs (TOC) sévères, après avoir demandé, en 2002, un avis du CCNE. « Ces techniques doivent rester réservées aux Centres pluridisciplinaires rompus à leur pratique », rappelle-t-il. ■

« Construisons un Web des savoirs »

INFORMATIQUE | Serge Abiteboul, chercheur en informatique, forge des outils sémantiques pour extraire des connaissances de la masse des données enfouies dans la Toile

PROPOS RECUEILLIS PAR
DAVID LAROUSSE

Serge Abiteboul, chercheur en informatique à Inria-Inventeurs du monde numérique, au Laboratoire spécification et vérification (LSV) de l'Ecole normale supérieure de Cachan, sera le troisième titulaire de la chaire informatique et sciences numériques du Collège de France. Jeudi 8 mars, il a inauguré son cours sur la « gestion d'informations numériques par des systèmes informatiques ». Ou comment la Toile a besoin des mathématiciens et des informaticiens pour aider les internautes à se débrouiller dans la jungle des données.

Quel sera l'objectif de votre cours au Collège de France ?

Je voudrais montrer que la science de la gestion des données est un sujet de recherche à part entière et passionnant. C'est mon domaine, à la frontière entre recherche appliquée et recherche fondamentale. On peut y faire des contributions qui auront des impacts en sciences mais aussi dans la société et l'industrie. N'oublions pas que ce domaine est à l'origine de deux grands succès du XX^e siècle, les bases de données et les moteurs de recherche, dont les principaux acteurs, IBM, Oracle ou Google sont des géants industriels.

Tout le monde connaît l'importance des moteurs de recherche, un peu moins celle des bases de données. Pourtant on les utilise sans cesse sans le savoir, en interrogeant son compte bancaire, un annuaire ou un catalogue en ligne. Derrière il y a souvent un système de base de données qui transforme notre « question » en un programme qui calcule la bonne réponse.

Pourquoi y a-t-il besoin de mathématiques et d'informatique théorique dans ces tâches ?

A chaque étape, on trouve des algorithmes, de l'optimisation et même des théorèmes. Par exemple, il a fallu inventer des langages simples et abstraits pour permettre à des humains de dialoguer avec le matériel (les disques durs, les mémoires, les réseaux). Ces langages sont basés sur des logiques mathématiques. On peut véritablement « calculer » les réponses,



L'informaticien Serge Abiteboul.

BRUNO LEVY/FEDERPHOTO

c'est-à-dire enchaîner une suite d'opérations logiques sur les objets référencés dans la base de données.

Traiter de très gros volumes de données dans des temps raisonnables, c'est compliqué. Pour réaliser les calculs d'un moteur de recherche comme celui de Google, il faut des algorithmes très sophistiqués et une ingénierie de fou. Ce n'est peut-être plus des mathématiques mais c'est de l'informatique de toute beauté. On utilise le fait qu'une même machine n'a pas besoin de tout calculer ; la charge est distribuée entre des milliers de machines.

Quand on passe à ces échelles, il est tout aussi fondamental de pouvoir vérifier qu'un algorithme calcule ce que l'on veut que de prévoir combien de temps ce calcul prendra. C'est le domaine de la théorie de la calculabilité, initiée par Alan Turing, dont on fêtera le centenaire de la naissance cette année.

Tout cela semble fonctionner.

Pourquoi continuer à chercher ?

Il y a encore du travail ! Lorsque vous m'interrogez, vous n'utilisez pas un ou deux mots-clés comme vous le faites avec un moteur de recherche. Et si vous attendez comme réponse une date historique précise, vous n'apprécieriez pas que je me contente de vous donner une liste de pages en disant « fouillez là-dedans ». Les moteurs de recherche de la Toile en sont pourtant encore là et ce n'est pas satisfaisant.

Nous devons construire un Web des connaissances. On dit aussi Web sémantique. Il faut donner du sens aux documents existant sur le Web, aux services disponibles. Il faut aussi inventer des systèmes pour acquérir de nouvelles connaissances.

Comment ?

Par exemple, juste par l'analyse des requêtes des internautes, Google

est parvenu à prévoir l'arrivée de la grippe plus vite que les organismes officiels d'alerte d'épidémie. Les sites de rencontres en ligne apparaissent les profils de leurs clients. D'autres sites marchands suggèrent aux internautes des films, des livres susceptibles de leur plaire à partir d'analyses statistiques des données dont ils disposent.

Découvrir les connaissances enfouies dans la masse d'information de la Toile, c'est un des grands défis. Un autre est d'arriver à faire collaborer les millions de systèmes qui, bientôt, auront, échangeront et déduiront des connaissances. Ces problèmes sont compliqués et la pression économique fera sans doute qu'on privilégiera le bricolage de solutions. Je pense qu'on ne les résoudra qu'en se plongeant dans les questions fondamentales et en développant les outils théoriques adéquats. Quoi qu'il en soit, les problèmes ne sont pas que techniques. Pour que la Toile des connaissances se développe, il faut aussi que le Web reste le plus ouvert possible.

Etes-vous pessimiste ?

On a beaucoup de raisons d'être pessimiste. L'industrie, aidée en cela par les gouvernants, modifie le Web en permanence, en le fermant peu à peu. Il n'y a qu'à considérer les conséquences possibles de l'accord commercial anticontrefaçon (ACTA), qui bridera encore bien plus les internautes. Le Web est trop piloté par la propriété intellectuelle et l'argent.

Or les entreprises du Web devraient comprendre que les vraies valeurs sont principalement dans les internautes eux-mêmes. Il faut aussi que les citoyens s'emparent de ces sujets. Prenez les systèmes de réseaux sociaux. Rien n'empêche techniquement de réaliser un système de réseau social comme Facebook de manière totalement distribuée, c'est-à-dire non centralisée. Chacun garderait le contrôle de ses données personnelles. Il faut informer et éduquer sur ces questions.

On a aussi quelques raisons d'être modérément optimistes. On peut observer des initiatives qui vont dans le sens d'un Web plus universel, comme les logiciels libres, les licences *creative common* (une alternative au copyright), les données ouvertes. Il faut continuer et aboutir avec le Web à la diffusion libre, ouverte à tous, de toutes les connaissances et de toute la culture du monde. ■

TÉLESCOPE

Génétique

La personnalité des abeilles exploratrices trahie par l'ADN

Chez les abeilles, quand l'essaim manque de place, des ouvrières intrépides partent en quête d'un site plus propice. Ces individus sont-ils aussi ceux qui s'éloignent le plus de la ruche pour chercher de la nourriture ? Ont-ils une personnalité particulière, qui les pousse à chercher la nouveauté ? Une équipe américaine a comparé l'expression des gènes dans le cerveau des ouvrières les plus aventureuses à celle d'abeilles qui restaient plus près de la ruche, et a constaté des différences sensibles, notamment dans des gènes impliqués dans la production ou l'inhibition de neurotransmetteurs. En exposant les insectes à ces composés, les chercheurs ont ensuite modifié le comportement exploratoire des abeilles.

► Liang et al., in « Science » du 9 mars.

Physique

Une trace de plus du boson de Higgs

Les analyses de deux expériences, CDF et DZero, installées sur l'accélérateur de particules Tevatron aux Etats-Unis, confirment la présence possible d'un chaînon manquant de la physique dans la même plage d'énergie que celle repérée, en décembre 2011, par les expériences menées en Suisse, au CERN. Cette pièce manquante est le boson de Higgs, à l'origine de la masse des particules. Néanmoins, les nouveaux résultats restent, comme les précédents, toujours explicables par un coup de chance statistique. Les physiciens se gardent donc bien de clamer une découverte.

Premiers coups de sonde au cœur de l'antimatière

Les physiciens de l'expérience Alpha au CERN, passés maîtres dans la fabrication et le piégeage d'antimatière, cette sœur quasi jumelle de la matière, commencent maintenant à pouvoir sonder ses propriétés. Une étape-clé pour comprendre pourquoi, aux origines de l'Univers, la matière a supplanté l'antimatière. Pour la première fois, les chercheurs ont donc observé le comportement d'atomes d'antihydrogène bombardés par des micro-ondes, une procédure bien connue sur l'hydrogène. Le résultat n'est pas encore assez précis pour pouvoir comparer les deux objets, mais il confirme la faisabilité de la technique.

► C. Amole et al., « Nature », 8 mars.

Evolution

Le génome de la gorille Kamilah est séquencé



Les gorilles sont nos plus proches cousins, après les chimpanzés. Le génome de l'un d'entre eux, la femelle Kamilah (photo) appartenant à l'espèce *Gorilla gorilla gorilla*, vient d'être séquencé par une équipe internationale. En comparant ces données à l'ADN de l'homme, de chimpanzés, d'orangs-outans, de macaques et d'autres sous-espèces de gorilles, elle a pu proposer une datation pour la séparation de ces diverses lignées à partir d'ancêtres communs. Aylwyn Scally (Wellcome Trust Sanger Institute) et ses collègues estiment que le bourgeonnement du rameau qui allait porter les gorilles, les chimpanzés et les humains est intervenu il y a environ 10 millions d'années, tandis que l'événement de spéciation à partir de l'ancêtre commun de l'homme et du chimpanzé aurait eu lieu il y a six millions d'années. Cette comparaison indique aussi que, pour ces trois espèces, 70 % des séquences montrent une plus grande similarité entre l'homme et le chimpanzé qu'entre ce dernier et le gorille. Mais, pour les 30 % restants, le gorille est plus proche de l'homme ou du chimpanzé que ces deux primates ne le sont entre eux, ce qui était inattendu.

(PHOTO : SAN DIEGO ZOO)

► Scally et al., in « Nature » du 8 mars.

Une parade prometteuse contre la douleur

Un concept innovant pour renforcer et prolonger l'effet analgésique des morphines naturelles

MARC GOZLAN

De nouveaux traitements analgésiques pourraient-ils exploiter la capacité de l'organisme à produire ses propres molécules antidouleur, les enképhalines, encore appelées morphines endogènes ou endorphines ? Testée avec succès dans des modèles animaux, cette stratégie a été testée auprès de volontaires sains, français et britanniques, dans deux essais évaluant la sécurité d'emploi et la tolérance d'un produit pris par voie orale. Un troisième essai devrait commencer cet été, visant à déterminer la dose adéquate à administrer lors de futurs essais d'efficacité chez des patients souffrant de douleurs chroniques.

Face à la douleur, l'organisme réagit en mobilisant de petites molécules (peptides) et des récepteurs cellulaires qui constituent le système opioïde endogène. Au premier rang de ce système physiologique de contrôle de la douleur figurent les enképhalines, des peptides d'une puissance analgésique équivalente à celle de la morphine. Ces substances sont libérées par des globules blancs mobilisés sur le lieu de l'agression tissulaire et par des neurones, présents dans la moelle épinière, activés par le stimulus douloureux.

« Nous avons conçu des agents capables de bloquer deux enzymes, dénommées enképhalinasés, responsables de la dégradation rapide des enképhalines », précise le professeur Bernard Roques, pharmacologue à l'université Paris-Descartes et directeur scientifique de Pharmaleads, société qui a développé le premier inhibiteur double d'enképhalinasés, baptisé PL37. La durée de vie des enképhalines, habituellement d'une vingtaine de secondes, et produites en permanence lors d'un stimulus douloureux, est portée à plusieurs heures. Nous obtenons ainsi une augmentation de leur concentration et de leur durée de vie. »

Enjeu industriel et commercial

Cette approche repose sur le concept d'analgésie physiologique, dans la mesure où elle renforce l'action du système opioïde endogène. Elle fait des enképhalines fabriquées par l'organisme les propres acteurs du traitement de la douleur. L'avantage majeur de cette stratégie, font valoir ses promoteurs, est de ne pas faire appel à des molécules externes, en particulier la morphine, qui stimulent de manière ubiquitaire tous les récepteurs opioïdes, pas seulement ceux de la zone lésée. « La morphine est responsable de nombreux effets indésirables : dépression respiratoire, somnolence, constipation, vomissements,

dépendance. Les expériences chez l'animal et les essais chez les volontaires sains ont montré que les inhibiteurs doubles d'enképhalinasés, même à doses élevées, n'engendraient aucun de ces effets indésirables », souligne le professeur Roques.

Le PL37 est le chef de file d'une nouvelle classe d'analgésiques potentiels dont le concept original et les résultats concernant l'efficacité chez l'animal seront publiés la semaine prochaine dans la revue *Nature Reviews Drug Discovery*. Ce produit pourrait être utilisé dans le traitement de la douleur neuropathique (due à une atteinte nerveuse), dont les principales causes sont le diabète, les infections herpétiques, les dorsalgies, la chimiothérapie des cancers et du sida, la fibromyalgie. Une autre indication serait la douleur dans l'arthrose du genou, pathologie pour laquelle existent des données d'efficacité chez l'animal.

Les douleurs neuropathiques chroniques affectent 7 % de la population française adulte, ce qui représente un quart des patients douloureux chroniques (plus de trois mois). Leur traitement repose essentiellement sur des médicaments encore « empiriques », antidépresseurs et antiépileptiques, dont l'efficacité est modeste et dont les effets secondaires peuvent être préoccupants. « Force est de constater

qu'aucun analgésique réellement nouveau, avec un tel potentiel d'efficacité, n'a été mis au point depuis vingt-cinq ans en dépit d'une recherche particulièrement active », relève le professeur Roques. Pour y parvenir, la société Pharmaleads devra « obligatoirement intéresser un géant de l'industrie pharmaceutique mondiale », seul capable de conduire des essais cliniques complexes et d'envergure avec le P37 et ses futurs dérivés.

Certains seront conçus pour pénétrer dans le cerveau tandis que d'autres seront utilisables sous forme de patchs cutanés, dans les douleurs d'ulcère et les dorsalgies par exemple. Les chercheurs imaginent également, à plus long terme, utiliser leur produit en spray nasal, en urgence dans les accès douloureux paroxystiques, situations dans lesquelles une augmentation soudaine et transitoire de la douleur survient sur un fond de douleur stable.

Après le défi scientifique reste donc l'enjeu industriel et commercial, d'autant plus considérable qu'il est amplifié par l'augmentation de l'espérance de vie. « Aux Etats-Unis, le marché de la douleur neuropathique, évalué à 2,4 milliards de dollars en 2010, devrait atteindre 3,6 milliards de dollars en 2020 », selon Sarah Nightingale, analyste chez Datamonitor à Londres. ■



Vidéosurveillance : Trop de caméras, pas assez d'yeux ?

TECHNOLOGIE

Les recherches se multiplient pour automatiser la détection des comportements « déviants » et reconnaître les individus « à la volée ». Tour d'horizon de ces techniques sécuritaires

MARINA JULIENNE

Un homme déambule entre les allées d'un parking et s'attarde « anormalement » près d'une voiture. A 3 kilomètres de là, devant son mur d'écrans relié à une trentaine de caméras, un opérateur se lasse de voir passer des anonymes et s'assoupit. Mais un signal d'alarme attire son attention sur l'écran 15, où la silhouette du maraudeur est cerclée de rouge. Si l'opérateur en croit l'« intelligence » de la caméra, cet homme s'appête à voler un véhicule. Il avertit donc la police, qui sera sur les lieux cinq minutes plus tard. Et trouvera un voleur... ou un rêveur.

Après avoir été présentées comme la panacée pour lutter contre la délinquance, les caméras de vidéosurveillance sont jugées assez inefficaces par les professionnels de la sécurité : la capacité d'attention d'un opérateur ne dépasserait pas deux heures pour huit écrans. Les caméras ont sans doute un effet dissuasif, mais n'ont pas fait chuter la délinquance (*Le Monde* du 29 octobre 2011).

Les logiciels de « détection des comportements anormaux » vont changer la donne, assurent les promoteurs de la vidéosurveillance intelligente (VSI). En 2006, l'Agence nationale de la recherche (ANR) finance un projet du laboratoire d'informatique de Lille (LIFL-CNRS) : CanADA, acronyme de « comportements anormaux : analyse, détection, alerte ». Objectif : « Classer les comportements d'individus afin de les interpréter en termes de menace », et « établir une typologie des signaux visuels de dangerosité ». Dès le départ, des chercheurs en droit et sciences politiques sont associés au projet, coordonné par l'Ecole des mines de Douai,

pour en discuter les questions éthiques. Leurs réflexions ont bien été publiées, mais, sur le terrain, elles ne font plus l'objet de débat...

Pour l'instant, les comportements détectés se résument à quelques actions basiques – courir, marcher, lever les bras, tomber – qui font déjà le bonheur de certains services de sécurité. A la réunion intitulée « Mise en œuvre d'une détection automatique d'anormalité », organisée en décembre 2011 par l'AN2V (Association nationale de la vidéo-protection), plusieurs sociétés présentaient des logiciels qui donnent automatiquement l'alarme si une personne chute dans une foule, si une autre déambule trop longtemps, si un petit groupe se met brusquement à courir, etc. Les villes de

coup moins en milieu urbain : en cas de rixe par exemple, les protagonistes ont une fâcheuse tendance à fuir chacun dans une direction. Pas facile pour une caméra, si intelligente soit-elle, de choisir qui suivre... Le système sur lequel travaille la société Thales fonctionne d'ailleurs en mode « assisté ». Imaginez un salon grand public, truffé de caméras : sur son écran, l'opérateur sélectionne l'individu suspect, affiche sa « signature visuelle » (image entière de l'individu), ce qui permet aux différentes caméras de le traquer. Les informations de suivi sont transmises sur une tablette numérique dont dispose un second opérateur qui se trouve, lui, dans les allées du salon et peut se rapprocher de l'individu pour l'appréhender.

Pour l'instant, ce sont les utilisateurs du système qui décident que dans telle situation (un parking) le comportement normal pour un individu consiste à aller directement à sa voiture, alors que dans telle autre (un magasin) il est normal de déambuler dans les allées mais anormal de rester planté plus de cinq minutes devant un rayon. Bien sûr, il n'est pas simple de tracer la frontière entre le normal et l'anormal.

Une étude menée par le sociologue Tanguy Le Goff (Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Ile-de-France) sur des opérateurs de vidéosurveillance a montré que les jeunes sont moins « ciblés » (suivis sur écran) pour ce qu'ils font (souvent d'ailleurs ils ne font rien, ce qui est jugé suspect) que pour leur apparence vestimentaire et physique. Les caméras donneront-elles l'alerte en cas d'apparition d'une casquette sur une personne au visage basané et, circonstance aggravante, avachie sur un banc ?

Toujours dans l'optique d'assistance aux opérateurs, certaines sociétés (Orélia par exemple) proposent d'ajouter aux caméras des capteurs audio. Un bris de ver-

re, des cris perçants, et la caméra zoome vers la scène supposée violente. Inconvénient : la portée ne dépasse pas les 20 à 50 mètres selon le bruit de fond ambiant. A moins de truffier les réverbères de micros, l'efficacité n'est pas garantie. La société Surveillance, elle, s'est spécialisée dans la lecture automatisée des plaques d'immatriculation. Intégrée à une caméra placée sur un véhicule de police, le bloc optique infrarouge fonctionne aussi la nuit, et compare toute plaque d'immatriculation croisée dans son champ de vision au fichier des voitures volées. Il lit même les plaques d'un véhicule roulant en sens inverse à grande vitesse...

Dates

Février 2011 Le ministère de l'intérieur annonce un triplement, en France, du nombre de caméras sur la voie publique, qui passerait de 20 000 à 60 000.

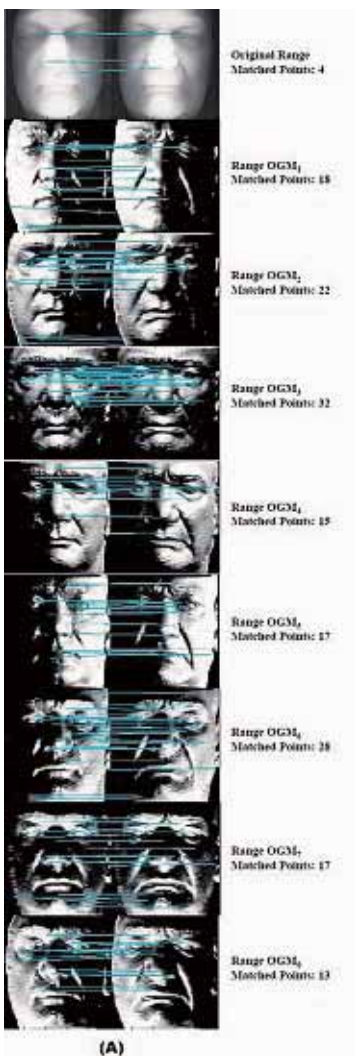
D'ici à la fin 2012 Le plan de vidéoprotection pour Paris prévoit d'installer 1 500 caméras dans les rues de la capitale. En regroupant les caméras de la SNCF et de la RATP, c'est près de 13 500 caméras qui composeront le dispositif de la ville. Nice, avec 744 caméras, détient le record de la ville la plus vidéosurveillée de France (une pour 553 habitants).

2013 Châteauroux, avec 270 caméras, pourrait détrôner Nice. Le ratio sera alors d'une caméra pour 177 Castelroussins.

**Présentées comme la panacée pour
lutter contre la délinquance,
les caméras de vidéosurveillance
sont jugées assez inefficaces
par les professionnels de la sécurité**

Cannes, Nice, et bientôt Lyon, installent des logiciels programmés pour détecter les colis suspects, les voitures en contresens, le maraudage, les attroupements. Différentes sociétés comme Keeneo (issue de l'Inria), Kaolab, Foxstream (issue de Liris) proposent de tels produits.

Certaines caméras ont une fonction « tracking », pour suivre un individu et se passer le relais entre elles sans le perdre de vue. Ce qui fonctionne assez bien dans des lieux fermés (sur un site industriel), beau-



(A)

Dans les laboratoires de recherche, la compétition est intense. Christian Wolf, chercheur au Liris (Laboratoire d'informatique en images et systèmes d'information; CNRS-INSa de Lyon), explique: « Nous avons lancé une compétition internationale, à laquelle sont inscrits 40 laboratoires de recherches. Objectif: reconnaître des comportements complexes impliquant plusieurs individus qui agissent en même temps sur une vidéo, ou une interaction humain-objet. Nous avons réalisé des vidéos types: une personne entre et sort d'une pièce, une autre passe un petit objet à son voisin, une troisième parle au téléphone puis laisse en partant un bagage à ses pieds, etc. Dans quelques mois, nous saurons quelles équipes identifient et nomment automatiquement les scènes-clés avec le plus de précision. »

Autre défaut de la vidéosurveillance classique: en recherche de suspect a posteriori, elle mobilise des heures de l'attention d'un opérateur. « Même en défilement rapide, nos hommes regardent parfois des heures d'images pour rien ! », souligne Fabrice Sierra, chef de la circonscription de sécurité publique d'Aubenas (Ardèche). Les images des 42 caméras de Vals-les-Bains et Aubenas peuvent désormais être traitées par un nouveau logiciel (Video Synopsis, société Briefcam) qui leur mâche le travail: il élimine les plages où il ne se passe rien et par ailleurs il condense et étiquette un maximum d'événements sur un temps très court (jusqu'à douze heures d'images condensées en quelques minutes).

Sur une même image sont ainsi superposées des actions qui ne se sont pas déroulées en même temps, dans lesquelles des piétons marchent donc les uns sur les autres ou des voitures roulent en même temps sur le même parcours. « Si vous souhaitez retrouver un break bleu par exemple,

Caméras de vidéosurveillance dans les rues de Londres (page 4). Logiciel de reconnaissance faciale.

RAPHAËL HELLE/SIGNATURES/LIRIS

vous allez regarder la synthèse des images de voitures qui se sont garées sur tel rond-point, commente Fabrice Sierra. Vous sélectionnez votre break et replongez dans la vidéo originale... où vous retrouvez l'heure à laquelle il a stationné, éventuellement vous voyez le suspect en sortir, etc. »

Laurent Mucchielli, sociologue au CNRS, spécialiste de la délinquance, doute totalement de l'efficacité de tous ces systèmes. « Ce qui m'inquiète le plus, ce ne sont pas ces techniques mais la façon dont les élus tombent dans le panneau. Il y a une croyance magique dans ces outils. Les centres de surveillance vont se heurter à une augmentation des alarmes (dont les fausses alarmes), et devoir augmenter encore le nombre de personnes derrière les écrans ! Cette offensive marketing va coûter très cher. »

Les professionnels de la sécurité, eux, continuent de miser sur la technique. Après la détection du comportement suspect, ils comptent bien identifier le suspect lui-même. Problème: les techniques biométriques actuelles requièrent sa coopération. Il doit poser sa main si on veut reconnaître ses empreintes digitales, ou regarder fixement une caméra pour l'identification de son iris.

L'avenir appartient donc aux biométries que l'on peut collecter à la volée, comme la forme du visage. « Les systèmes basés sur les images 2D ont montré leurs faiblesses face aux variabilités causées par le changement de la pose, des conditions d'éclairages ou encore des expressions faciales, explique Mohsen Ardabilian, maître de conférences à l'Ecole centrale de Lyon-Liris. Les caméras 3D, en revanche, permettent de reconnaître un visage même quand il n'est pas de face et s'il est illuminé différemment. Une de nos techniques consiste à repérer sur le visage des points d'intérêt ayant une information de courbure ou de texture discriminante ainsi que leur position. Ce qui nous donne des taux de reconnaissance proches de 98 %. » Mais ces données s'entendent sur une base test de quelques centaines de visages, non représentatifs de la population.

Bernard Didier, directeur général adjoint de Morpho (groupe Safran), leader



mondial dans les systèmes d'identification, confirme: « En mode participatif (la personne est volontaire pour être contrôlée), nos systèmes de reconnaissance, utilisés dans les aéroports en Australie et en Nouvelle-Zélande, sont efficaces à 98 %. En non participatif, et en environnement ouvert, nous n'atteignons pas cette performance. »

Principales difficultés à résoudre: le positionnement du visage et l'éclairage. « Dans les tests effectués par le NIST [National Institute of Technology], on constate qu'une différence d'angle d'une dizaine de degrés par rapport à une photo témoin suffit à diminuer la performance de reconnaissance. Pour la reconnaissance à la volée, nous devons donc utiliser plusieurs caméras pilotées de manière coordonnée, qui repositionnent de façon dynamique le visage de la personne suivie et la reconnaissent sans qu'il soit besoin d'interrompre sa marche », précise M. Didier.

Tout cela n'est donc pas au point, mais de nombreuses sociétés, petites (Facing it) ou plus importantes (Cognitec), mettent déjà sur le marché des produits. L'aéroport de Francfort teste EasyPass, système de contrôle aux frontières faisant appel à un

logiciel de reconnaissance des visages à la volée. Et aux Etats-Unis, la société Sarnoff commercialise Iris on the Move, capable de « traiter » les iris de 30 personnes par minute, si elles marchent tranquillement devant une borne d'identification.

« Le défi réside dans l'exécution de ces tâches dans le contexte de la vidéosurveillance, plus difficile que lors des contrôles biométriques, et là, les systèmes "classiques" vont avoir de la peine », estime Rudy Guyonneau, docteur de neurosciences à Spikenet Technology. Issue du Laboratoire cerveau et cognition (CNRS-université Toulouse-III), cette start-up mise sur les réseaux de neurones. « Notre originalité, et nous verrons si elle paye, est de nous inspirer des dernières avancées en neurosciences computationnelles, sur le traitement de l'information à base de décharges (spikes) de neurones, pour proposer des systèmes logiciels rapides, simples, et capables de s'adapter, même dans ces contextes-là. »

Avec le programme FAST (« technologie de surveillance des attributs futurs »), les Américains souhaitent repérer à leur insu les individus ayant l'intention de commettre un délit, en développant des capteurs mesurant, à distance, le rythme cardiaque des personnes passant aux points de contrôle, les contractions des pupilles, la température du visage, les expressions faciales... Un scénario à la *Minority Report*, ce film de Steven Spielberg où trois mutants doués d'un don de prescience préviennent le gouvernement qu'un crime va être commis, ce qui mène à l'arrestation des meurtriers potentiels... alors qu'ils n'ont encore rien fait. Sommes-nous si loin d'un tel scénario ?

La prochaine caméra Kinect 2, de la console de jeu Xbox 360 de Microsoft, pourrait détecter les expressions du visage, mesurer notre degré de satisfaction ou d'agacement. Une fonction transposable pour des applications de vidéosurveillance ? De nombreux laboratoires y travaillent. « Mais la technologie est neutre, c'est l'usage qu'on en fait qui doit être arbitré par la société », estime Bernard Didier.

Pour l'instant, la réglementation interdit totalement l'identification à la volée, et encore plus la reconnaissance des émotions. Jusqu'à ce qu'un bon argument marketing convainque nos élus qu'un individu à l'air stressé dans un parking constitue une sérieuse menace pour la sécurité... ■

« Un contrôle politique délégué à la machine »

Bruno Villalba est maître de conférences à l'Institut d'études politiques de Lille, coauteur, avec Jean-Jacques Lavenue, de *Videosurveillance et détection automatique des comportements anormaux*. (Presses universitaires du Septentrion, 2011).

Qui est censé élaborer les normes ?

En démocratie, les normes sont perçues comme légitimes parce qu'elles ont été élaborées par le législateur et qu'elles répondent à des impératifs moraux (liberté, égalité, etc.). Dans la vidéosurveillance automatisée, la normalité renvoie à une appréciation statistique et vise à caractériser le comportement régulier.

Or, le normal est un concept dynamique, qui s'inscrit toujours dans un contexte mouvant et doit faire face à l'infinie diversité des personnes et comportements humains... Dans le cas présent, la norme serait construite non pas par la puissance publique mais par la capacité technique.

L'automatisme de la détection vous inquiète-t-elle ?

Oui, l'automatisme évacue les débats puisque le contrôle politique du comportement est délégué à la machine, et permet de passer progressivement d'une procédure d'aide à la décision (dans l'évaluation du comportement) à une décision de fait. La machine rend possible la simultanéité de l'évaluation du comportement et l'alerte.

Cette dimension technique de l'automatisme crée une difficulté pour l'individu à s'opposer à un tiers: à la machine ? A son concepteur ? A son utilisateur ? Comment appréhender la pluralité et l'invisibilité de ces outils d'évaluation du comportement ?

Qu'en est-il de la convergence des données ?

D'une part, il devient difficile d'échapper dans l'espace public à ces systèmes de vidéosurveillance, par ailleurs nous laissons quantité de traces sur notre profil par les ordinateurs ou les smartphones et, enfin, de nombreux fichiers de police, médicaux, etc., recensent des informations sur notre identité. Le croisement de ces différentes données est potentiellement dangereux pour les libertés individuelles.

Notamment si cette convergence s'effectue de manière automatique, en répondant à des opérations toujours plus complexes de sélections d'informations, à partir de simples critères statistiques et non plus politiques. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR M. JU.



Des logiciels prétendent détecter un comportement suspect.

DIGITAL BARRIERS FRANCE

Assistance à la personne et marketing, des marchés d'avenir

Comme le résume Nabil Belbachir, chercheur à l'Institut autrichien des technologies à Vienne et éditeur du livre *Smart Cameras* (Springer, 2009, en anglais seulement), les systèmes intelligents pour la vidéosurveillance intelligente sont déjà très utilisés dans de nombreux secteurs: en contrôle industriel, pour détecter sur les lignes de production les défauts de fabrication; dans les aéroports, pour compter les personnes aux guichets et réguler les files d'attente; en indexation et archivage de vidéos.

Dans l'automobile, les constructeurs travaillent sur des outils d'aide à la conduite, par exemple des caméras qui détectent les mouvements de paupière du conducteur et sonnent l'alarme en cas d'endormissement.

Nabil Belbachir mène pour sa part des recherches dans le but d'aider au maintien à domicile des personnes âgées. L'idée est de les assister à dis-

tance, en utilisant des caméras spéciales pour donner l'alarme par exemple en cas de chute. Moins simple qu'il n'y paraît: « Il faut commencer par qualifier les chutes, depuis la station debout, depuis la chaise, depuis le lit, etc., explique Nabil Belbachir. Puis apprendre à faire la différence entre une chute involontaire et une chute volontaire (la personne s'allonge pour faire de la gymnastique ou regarder sous son lit). »

Analysier le regard des clients

Avec le programme Pulsar (Perception Understanding Learning System Activity Recognition), l'Institut de recherche en informatique et en automatique (Inria) se focalise sur deux applications: la vidéosurveillance et le maintien des personnes âgées à domicile.

Là aussi, l'objectif est de suivre les mouvements de la personne âgée, de reconnaître ses postures et ses

activités d'intérêt par le biais de capteurs vidéo.

Mais un des marchés les plus prometteurs est sans doute celui du marketing. Chercheur au Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL-CNRS-université de Lille), impliqué à l'origine dans le projet CanADA, Chabane Djeraba a créé son entreprise, Anaxa-vida, et applique aux consommateurs la technologie d'analyse d'objets en mouvement. Son système mesure les réactions et la vitesse de passage d'un client dans un magasin, détaille les taux de fréquentation par rayon, la capacité d'un rayon à transformer un visiteur en client, etc.

Aux Etats-Unis, la société Prism, enthousiasmée par « les formidables informations détenues par les 40 millions de caméras de surveillance installées sur le territoire », propose de les récupérer pour les mettre sur Internet en ayant auparavant flouté

les images. Et permettre aux internautes de connaître la longueur d'une file d'attente, de produire des statistiques sur le nombre de personnes qui passent devant un magasin, etc.

Etape suivante en marketing: analyser le regard des clients qui achètent sur Internet. « Grâce à la webcam, et à condition que le client accepte d'être filmé, on peut suivre précisément les mouvements de son iris, explique Chabane Djeraba, savoir quel produit il regarde et si ce regard est suivi d'un clic d'achat. Nous observons aussi s'il sourit ou fait la moue selon qu'on lui propose une tablette de chocolat à 4 ou 6 euros. De telles inventions soulèvent de nombreuses questions légales et éthiques, mais nous répondons à ces inquiétudes en "anonymisant" les personnes. » Nous voilà tout à fait rassurés... ■

M. JU.

La mécanique de nos cervelles en questions

LE LIVRE

Quarante histoires à la fois humoristiques et instructives sur la complexité de notre cerveau

JEAN-FRANÇOIS AUGEREAU

L'amygdale, vous connaissez ? Non, pas celle-là. La petite amande qu'on a dans la tête. Et l'hippocampe ? La bestiole qui fréquente les herbiers marins ? Vous n'y êtes pas. Il s'agit de cette petite masse de matière grise d'à peine trois centimètres cubes, recourbée comme la queue de l'animal, et qui se cache à la base du cerveau. La nature n'étant pas avare de ses prodigalités, nous en avons un de chaque pour chacun de nos hémisphères cérébraux.

Ces zones jouent un rôle majeur dans la formation de nos émotions pour les premières et de notre mémoire pour les secondes. Elles sont les seules à intervenir dans ce gros kilo et demi de matière grise qui nous tient lieu de cervelle. Lobes frontaux, temporaux, pariétaux, insula, cortex, thalamus, tectum ou hypophyse ont aussi leur part dans le langage, le raisonnement, le jugement moral, l'empathie, la cognition sociale, l'apprentissage, la créativité ou le rire.

Mais en dépit de l'avènement de techniques d'imagerie comme l'IRM ou le scanner, on ne sait pas toujours comment cela se développe et quelle zone précise du cerveau est impliquée dans ces processus. Pour nous éclairer sur cette merveilleuse complexité, Laurent Cohen, professeur de neurologie à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière (Paris-VI), nous propose un ouvrage dont le titre marketing masque une autre réalité rendue par le sous-titre.

L'art du dialogue simulé

Quarante histoires – histoires de mémoire, histoires d'enfants, histoires morales et dégoutantes, histoires de voir, d'autres histoires de cerveau et, pour finir, des histoires de médecine et choses utiles – qui sont autant de situations ou d'interrogations qui appartiennent à notre quotidien. Quelles sont les causes de la perte d'odorat ? Le cerveau d'un homme de droite est-il différent de celui d'un homme de gauche ? Les « multitâcherons » sont-ils meilleurs que les autres ? Les jeux vidéo sont-ils un bienfait pour les adolescents et la télé une catastrophe avant 3 ans ? Pourquoi certains soldats qui ont été confrontés à des situations violentes ou dramatiques reprennent-ils une vie paisible et sans histoires alors que d'autres sont hantés à vie ? La linotte a-t-elle si peu de tête que ça ? Et la matriarche des éléphants ?

Laurent Cohen répond. A la lumière de ce que l'on sait aujourd'hui de la mécanique de nos cervelles ou de ce que les études des chercheurs ont révélé. Et il le fait avec des phrases simples, un peu d'humour et un souci constant de rigueur scientifique. Il n'est que de parcourir la longue liste des travaux de neurosciences qu'il a consultés pour s'en convaincre. Mais pour ne pas apparaître trop docte, il use, comme le révèle l'auteur de la préface, Lionel Naccache, d'un subterfuge : l'art du dialogue simulé. Tout au long de son livre, il se substitue au candide et pose mille questions. Celles bien sûr que les ignorants que nous sommes n'osent formuler.

Certains le regretteront et trouveront pour ces raisons l'ouvrage un peu léger. Mais c'est cette pédagogie, très Cité des sciences ou Palais de la découverte, qui fait que *Pourquoi les filles sont si bonnes en maths* se lit comme un recueil de nouvelles où l'on picore cinq pages par-ci, cinq pages par-là. Sans vrai souci de continuité, mais cela permet d'avoir une meilleure idée, une fois le livre achevé, de ce que cette matière grise et ses dizaines de milliards de neurones, ce petit bout de nous-mêmes – 2 % en poids de notre organisme – très gros consommateur d'énergie (environ 20 % de nos besoins) est capable d'accomplir. ■

Pourquoi les filles sont si bonnes en maths et 40 autres histoires sur le cerveau de l'homme, de Laurent Cohen (Odile Jacob, 293 p., 23,90 €).

29

C'est la vitesse, en km/h, atteinte par un robot quadrupède répondant au nom de code « Cheetah » (guépard), conçu par la firme américaine Boston Dynamics et faisant partie d'un projet financé par l'agence militaire Darpa. Il pulvérise un record datant de 1989, détenu par un robot (sans roues ni chenilles) du Massachusetts Institute of Technology qui s'était déplacé à 21 km/h. Pour l'heure, Cheetah galope sur un tapis roulant, suspendu à un cordon pour rester aligné. En outre, il dépend d'une source d'énergie externe pour animer le système hydraulique qui déplie ses pattes et étend et contracte en cadence sa « colonne vertébrale ». Mais ses concepteurs espèrent le tester dès 2012 en extérieur. La Darpa vient par ailleurs de dévoiler le successeur de l'impressionnant « Big Dog », un autre robot quadrupède, dont la mission sera de porter une charge de 180 kg sur 30 km en 24 heures sans refaire le plein d'essence. Vidéos : www.darpa.mil

Livraisons

Essais

« Archéologie de la mort en France »

Le grand public s'interroge parfois sur la légitimité des fouilles archéologiques, quand elles impliquent le déplacement d'ossements : ne peut-on laisser ces personnes reposer en paix ? Ce livre, dirigé par l'archéanthropologue Lola Bonnabel (Institut national de recherches archéologiques préventives), rappelle que ces restes humains auraient dans la plupart des cas été livrés aux pelles mécaniques des aménageurs, infiniment moins respectueuses que les instruments des chercheurs. Il présente aussi toute la richesse de l'archéothanatologie, qui vise à ressusciter des sociétés disparues par l'étude de leurs morts et du traitement qui leur a été réservé. Un fascinant voyage dans le monde des morts.

> **Sous la direction de Lola Bonnabel (La Découverte-Inrap, 180 p., 22 €).**

« Petite philosophie des mathématiques vagabondes »

A ceux que les mathématiques ont toujours rebutés et qui n'ont jamais eu le temps d'en découvrir « les saveurs », Luc de la Brabandère, mathématicien et philosophe, et Christophe Ribesse, ingénieur, proposent une promenade de 25 étapes de nature à les réconcilier avec cette discipline. Ici le calcul n'est guère de mise ou, sinon, volontairement simplifié. Quant au ton de cette *Petite philosophie...*, il est tout sauf docte. Plutôt à l'image de cette boutade du philosophe anglais Bertrand Russell pour qui les mathématiques sont nées « le jour où l'on s'est rendu compte qu'il y avait quelque chose de commun entre un couple de faisans et une paire de claques ». Le 2 ! Prises par ce bout de la lorgnette, les maths deviennent plus plaisantes et montrent l'importance de leur empreinte dans notre quotidien.

> **Luc de Brabandère et Christophe Ribesse (Eyrolles, 149 p., 14 €).**

BANDE PASSANTE



Chaque semaine, des membres de l'Ouvroir de bande dessinée potentielle (Oubapo) se relaient, inspirés par la science.

Comment accoucher sur une centrifugeuse



IMPROBABLOGIE

Pierre Barthélémy

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

Dieu a dit à Eve : tu enfanteras dans la douleur. Deux inventeurs américains se sont, depuis, permis de moderniser la formulation divine : tu enfanteras dans la douleur et sur une centrifugeuse. En 1965, George et Charlotte Blonsky ont en effet déposé un brevet (numéro 3216423) qui occupe une place de choix au panthéon de l'improbablogie : une table d'accouchement rotative pour faciliter les naissances par l'effet de la force centrifuge. Il suffisait d'y penser.

Il faut, pour comprendre leur démarche, se mettre à la fois dans la peau de ces pauvres bébés – contraints d'avancer dans un conduit étroit, tels des soldats rampant sur le parcours du combattant – et dans celle de leurs mères. Citons le texte du brevet : « On sait qu'en raison des conditions anatomiques naturelles le fœtus a besoin d'une force considérable pour repousser les parois vaginales qui l'enserrent, surmonter la friction des surfaces utérines et vaginales et contrecarrer la pression atmosphérique s'opposant à sa sortie. » Quant à la femme en couches, ses efforts ne s'avèrent pas moins considérables : « A la femme qui a développé une bonne musculature et a fait suffisamment d'exercice physique tout au long de sa grossesse, comme c'est le cas chez tous les peuples primitifs, la Nature a donné l'équipement et la puissance nécessaires à une délivrance normale et rapide. Ce n'est cependant pas le cas des femmes plus civilisées, qui n'ont souvent pas l'occasion de développer la musculature requise pour accoucher. » Sic.

Mais que les mollassonnnes sur le point de donner la vie ne se fassent pas de bile, George, Charlotte et leur centrifugeuse sont là pour les aider. Tout est prévu, tel est le mot d'ordre de ce brevet. La parturiente s'allonge sur la table de travail, la tête au niveau de l'axe de rotation. Pour éviter le décollage, elle doit bien accrocher ses ceintures : les pieds calés dans des étriers, le bassin coincé dans une espèce d'étui la maintenant bien parallèle à la

table, des sangles au niveau des cuisses, une autre sous la poitrine et une dernière sur le cou. Un attirail nécessaire en cas d'évanouissement. Petite critique toutefois : il manque un distributeur de sacs à vomir. Pour des raisons de sécurité, la centrifugeuse est entourée d'une enceinte circulaire afin que le personnel soignant ne se fasse pas couper en deux par la machine en pleine action. Et au cas où il serait nécessaire d'arrêter la rotation en urgence, un frein à main est là. Tout est prévu, vous dit-on !

Pour le futur bébé, tout est calculé afin de prévenir un malencontreux accident. Un filet élastique (mais pas trop) au fond duquel se niche un douillet réceptacle en coton est disposé devant le vagin de sa future mère. Ce afin de récupérer le rejeton en douceur et d'éviter qu'il finisse sa très courte existence écrabouillé contre les parois de protection. Précisons en effet que, selon les chiffres donnés dans le brevet, la table peut, à son maximum de puissance, effectuer plus de 80 tours par minute. De quoi expulser aisément un bébé, son placenta et, en prime, quelques-uns des organes maternels.

Tout est prévu, donc. Y compris la future carrière du nouveau-né. Après cet entraînement précoce en centrifugeuse, où tu auras subi une accélération de 7 g lors de ta naissance, soit davantage que dans les attractions les plus spectaculaires des fêtes foraines, tu seras pilote de chasse ou astronaute, mon enfant. ■

La symétrie est un combat



LES COULISSES DE LA PAILLASSE

Marco Zito

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

C'est un des paradoxes de la science. Une des avancées fondamentales de la physique théorique moderne est restée complètement inconnue du grand public. Pourtant il n'est pas difficile d'en donner les grandes lignes qui font appel au concept familier de symétrie. Et si c'était parce que le géant de la pensée humaine qui l'a découvert était une femme ?

Emmy Noether (1882-1935) naît dans les mathématiques : son père est professeur

dans cette discipline à l'université d'Erlangen en Allemagne. A l'époque, qu'une femme puisse suivre des cours à l'université n'avait rien de banal, le Sénat académique déclarant qu'une éducation mixte allait « subvertir tout ordre académique ».

Noether eut des professeurs prestigieux comme David Hilbert. Ce dernier, le pape des mathématiques, l'invita à l'université de Göttingen et essaya, en vain, de lui obtenir un poste de professeur, ses collègues s'opposant à la présence d'une femme parmi les enseignants. Noether travailla donc une bonne partie de sa vie, jusqu'en 1923, sans être payée, grâce au soutien de sa famille. En 1933, elle perdit son poste à cause des persécutions nazies et dut s'exiler.

Autour de 1915-1918, elle contribua à la compréhension de la relativité générale en démontrant un théorème très général qui porte son nom. Einstein en fut très impressionné : « Hier j'ai reçu de M^{me} Noether un article très intéressant sur les invariants. Cela m'impressionne que ces choses puissent être comprises d'une façon aussi générale. La vieille garde de Göttingen devrait prendre des leçons de M^{me} Noether. Elle semble connaître son rayon ! »

Ce théorème concerne les systèmes physiques dont le comportement ne change pas si on leur fait subir une transformation, comme un déplacement ou une rotation. On peut alors démontrer qu'il y a une quantité physique qui est conservée lors de l'évolution du système. Par exemple, pour des « translations » dans le temps, la

quantité conservée est l'énergie. L'invariance par rapport à une transformation est ce qu'on appelle une symétrie. Les transformations sont représentées en mathématique par le concept de groupe, dont un des pionniers fut Evariste Galois, figure géniale et tragique à cause de sa mort prématurée à 21 ans lors d'un duel.

Le théorème de Noether nous donne aussi la clé pour comprendre la physique des particules. En fait, Noether prouva aussi la proposition inverse : une quantité invariante signale l'existence d'une symétrie fondamentale. Or tel est le cas par exemple avec la conservation de la charge électrique. Nous savons depuis que cet invariant est lié à une symétrie dite « interne », c'est-à-dire qu'elle ne met en jeu ni l'espace ni le temps mais un « espace » de type nouveau, lié aux particules chargées. C'est un espace à la fois réel et abstrait par rapport à notre perception sensorielle.

La compréhension de la physique des particules devient alors la quête du « groupe » de symétrie qui représente les interactions et dont le couronnement actuel est le modèle standard, testé actuellement au CERN par l'accélérateur LHC. D'autres symétries encore plus fondamentales restent probablement à découvrir. Nous devons à Emmy Noether un instrument puissant qui nous permet de comprendre la réalité à des échelles jamais atteintes. Le combat pour la symétrie entre hommes et femmes, dans la science et dans la société tout entière, reste encore à gagner. ■

EXPOSITION

Le raffinement gaulois revient à Saint-Germain

Les Gaulois reviennent à Saint-Germain-en-Laye. Le Musée des antiquités nationales a rouvert, jeudi 8 mars, ses salles gauloises fermées depuis une décennie. Cette réouverture intervient aussi comme une commémoration du 150^e anniversaire du musée, créé le 8 mars 1862 par Napoléon III – précisément pour accueillir les pièces issues des grandes fouilles de cette époque, en particulier celles d'Alise-Sainte-Reine (Côte-d'Or), c'est-à-dire Alésia.

Environ 1350 objets sont exposés. « Mais, entre les acquisitions récentes et les œuvres que nous avons sorties des réserves, environ 70 % des objets n'auront jamais été vus, explique Laurent Olivier, conservateur des âges du fer du musée. C'est donc un renouvellement complet de la présentation. »

Les pièces présentées ne sont pas le seul renouvellement proposé. « Nous n'avons pas voulu faire des galeries d'objets avec des collections d'épées, des collections de fibules, des collections de torques, ajoute M. Olivier. Par l'intermédiaire d'une mise en scène épurée, nous avons voulu mettre en

valeur la culture et les hommes qui sont derrière les objets. »

Le raffinement des populations celtes – du nom que les Grecs donnent, dès le V^e siècle avant notre ère, aux populations vivant au nord des Alpes – est mis en exergue dans les nouvelles salles. Loin des clichés forgés au XIX^e siècle et qui hantent encore l'imaginaire collectif, les Gaulois n'étaient en effet nullement des barbares brutaux et sous-développés, civilisés par la conquête romaine. Cette vision avait d'ailleurs émergé en même temps que le projet colonial, justifié par la nécessité d'apporter la civilisation aux peuples qui en seraient dépourvus... Puisque la Gaule avait jadis été « civilisée » par Rome, pourquoi la France n'irait-elle pas elle-même, à son tour, remplir le même office en Afrique ou en Asie ?

Pourtant, l'art celtique est tout autant une démonstration de sensibilité artistique originale qu'une manifestation de savoir scientifique. Le raffinement est partout : dans des éléments de harnachement, dans une clavette de char... « C'est un art fantastique, avec des dragons, des compo-

sitions végétales exubérantes, raconte M. Olivier. Et l'art de la monnaie qui se développe à partir des III^e et II^e siècles avant notre ère avait même été remarqué par les surréalistes : il y a là quelque chose qui évoque le cubisme, avec des formes éclatées, puis recomposées jusqu'à devenir des représentations quasiment abstraites... »

Imaginaire profond et subtil

Ces représentations sont le reflet d'un imaginaire profond et subtil, mais pas seulement. Les motifs sont aussi construits « grâce à des principes mathématiques de division du cercle, ou encore selon des rapports de proportion qui reviennent et que l'on retrouve également dans l'école de Pythagore », explique Laurent Olivier.

L'application de tels principes géométriques se remarque très tôt, dès le V^e siècle avant notre ère en Champagne. On retrouve ainsi, dans la composition des objets, ce que suggèrent certains textes antiques : le druidisme n'aurait pas été très éloigné d'une école philosophique « à la grecque », fortement influencée par celle de Pythagore. Cette thèse est notamment soutenue par

l'archéologue et historien Jean-Louis Brunaux.

Des pièces récemment acquises, comme celles issues des tombes à char de Roissy, ou encore les objets découverts au cours des dernières fouilles menées à Alésia, suscitent une attente particulière.

« L'ensemble d'armes gauloises découvertes sur place est impressionnant, raconte M. Olivier. Mais il y a également tous les éléments d'armement de siège romains : boulets de pierre, traits de catapulte, etc. » Les armes ne sont pas tout. La diversité des monnaies retrouvées sur place corrobore la relation de la guerre des Gaules donnée par Jules César, attestant la présence, autour du jeune chef arverne, des peuples gaulois coalisés contre Rome.

Tous ces vestiges témoignent de la dernière bataille livrée par Vercingétorix – bataille perdue et néanmoins souvent perçue, fait un peu paradoxal, comme l'un des actes fondateurs de la nation française... ■

S. Fo.



Agenda

Exposition

« Décibels en tête »

Jusqu'au 25 mars, les visiteurs de la Maison écocitoyenne de Bordeaux en auront plein leurs oreilles. Cette exposition, autour de cinq modules, veut informer sur l'audition et les bruits de notre environnement, à coups de tests, de quiz et d'ambiances sonorisées. Les jeunes adeptes des écoutes de musique un peu forte sont fortement invités à y faire un tour.

► **Maison écocitoyenne, quai Richelieu, Bordeaux.**
Tél. : 05-24-57-65-20.

Idées

Concours de science Google

En 2011, Google a lancé un concours international d'idées scientifiques, destiné aux 13-18 ans. La première édition a reçu des propositions de 10 000 jeunes de 91 pays. Les trois finalistes primés étaient des jeunes filles. Elles souhaitaient voir si la composition de marinades pouvait réduire les éléments cancérigènes dans le poulet grillé, étudier l'influence de l'air intérieur dans l'utilisation des médicaments contre l'asthme, et encore proposer une façon d'améliorer le traitement du cancer des ovaires. En 2012, les candidatures seront closes le 1^{er} avril. Finale le 23 juillet au siège de Google, à Mountain View, en Californie.

► **www.google.com/events/sciencefair**

De l'amitié chez le requin à pointes noires

ZOOLOGIE

Stéphane Foucart

Journaliste au « Monde »

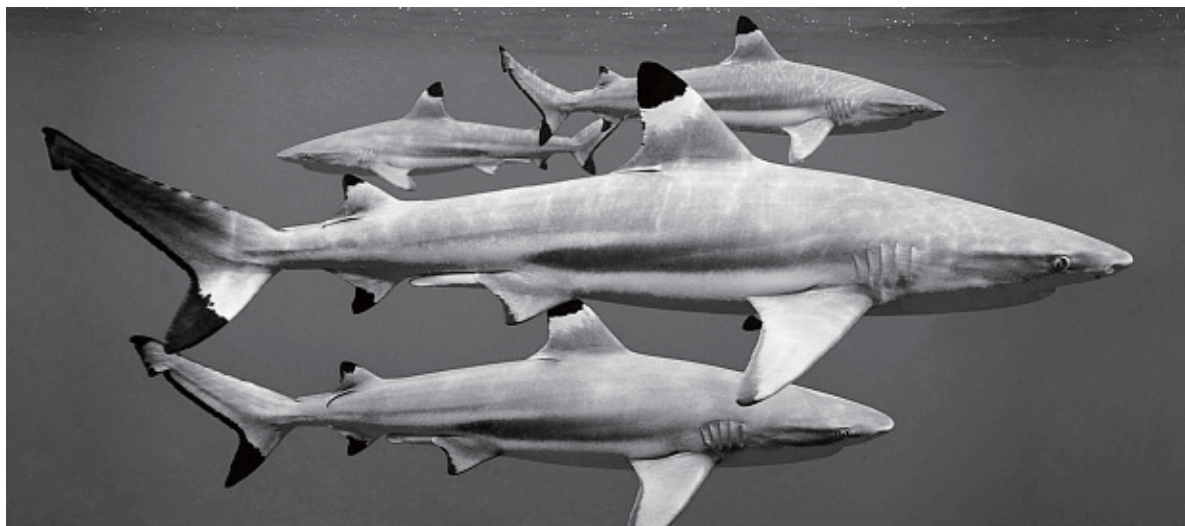
Généralement, les éthologues n'apprécient guère que les comportements animaux soient assimilés à des sentiments humains. On essaiera donc d'éviter de parler d'amitié à propos de ces travaux publiés dans la dernière édition de la revue *Animal Behaviour*, dont l'objet d'étude est le petit requin à pointes noires (*Carcharhinus melanopterus*). Ce que documentent dans cette étude de Johann Mourier et ses collègues du Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement (CNRS, Ecole pratique des hautes études) est pourtant rien de moins que l'existence de liens énigmatiques qui ne nouent au sein de cette espèce, pourtant réputée dépourvue de structure sociale. *Melanopterus* ne serait donc pas seulement un chasseur solitaire rôdant aléatoirement près des récifs : les affinités entre individus semblent même former des communautés au sein de populations plus larges qui se partagent un territoire...

Comment parvenir à ce constat si contre-intuitif ? « Avant de mener cette étude, j'avais remarqué en plongeant à Moorea [île de la Poly-

nésie française] qu'il me semblait voir plus souvent les mêmes individus ensemble, raconte Johann Mourier. Je me suis demandé si c'était une coïncidence, un effet de ma mémoire ou si cela était bien réel. » Pour confirmer ou infirmer cette impression, les auteurs ont effectué près de 200 plongées sur sept sites répartis le long de dix kilomètres de côtes, le long de Moorea. A chaque plongée, ils ont photographié les requins présents ensemble – chacun étant identifié grâce à la forme du motif noir ornant son aileron – et ont soigneusement noté les associations entre individus.

« Nous avons utilisé les techniques d'étude des réseaux sociaux développées à l'origine pour comprendre les réseaux tels que Facebook, et qui commencent à être utilisées en écologie, explique M. Mourier. Le principe est qu'en analysant les connexions entre personnes on peut faire émerger des groupes d'intérêts communs, des communautés. Nous avons donc utilisé ces outils pour voir s'il y avait effectivement chez nos requins des communautés d'individus qui avaient tendance à se regrouper de manière préférentielle. » Le résultat est que la population de requins à pointes noires qui fréquentent les dix kilomètres de côte observés est fragmentée en quatre communautés – le plus grand de ces groupes sociaux étant lui-même divisé en deux sous-groupes. Les requins ne divaguent donc pas près des récifs au hasard, guidés par la seule recherche de proies : ils côtoient plus favorablement certains de leurs congénères et en évitent d'autres...

Comment ce lien se forge-t-il ? Les auteurs ont cherché des corrélations entre ces affinités



et le sexe ou la taille (c'est-à-dire l'âge) des individus. Ces paramètres n'expliquent pas l'ensemble du phénomène social mis au jour dans l'espèce : les groupes sont mixtes et rassemblent des individus d'âges divers. « Cependant, explique M. Mourier, au sein de chaque groupe, la force du lien entre individus semble liée à ces similitudes. » Un travail en cours consiste à tenter d'en savoir plus en échantillonnant l'ADN des requins : les comparaisons génétiques pourront notamment déterminer les liens familiaux entre individus. Et dire si – quitte à faire la comparaison avec *Homo sapiens* – il faut plus parler de tribalisme que d'amitié.

L'utilité de ces groupes sociaux chez *Mela-*

nopterus n'est pas évidente. Selon les auteurs, il pourrait s'agir de faire baisser l'agressivité entre individus, de se protéger contre des prédateurs plus gros, voire de permettre certaines formes de coopération dans la chasse...

Les travaux sur la socialité des squalos sont rares. Des recherches en aquarium ont déjà montré que les femelles tendaient à former des groupes plus cohérents lorsque des mâles étaient introduits dans le même bassin. Et aussi que les juvéniles d'une même portée – chez le requin-citron (*Negaprion brevirostris*) –, lorsqu'ils sont abandonnés par leur mère, tendaient à rester ensemble au cours des premières années de vie. ■

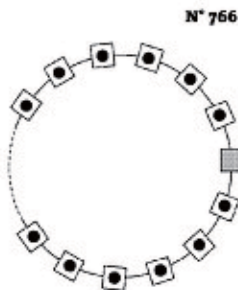
Les requins côtoient plus favorablement certains de leurs congénères et en évitent d'autres...

J.-L. KLEIN /
M.-L. HUBERT / BIOSPHOTO

AFFAIRE DE LOGIQUE

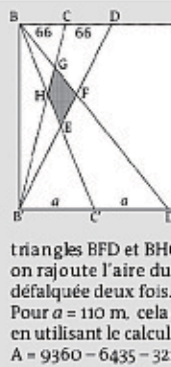
Le rendez-vous des pions

Sur un plateau circulaire contenant un certain nombre de cases, Bob a placé un pion dans toutes les cases sauf une (en gris). Il joue alors au jeu suivant : à chaque tour, il déplace simultanément deux pions, chacun d'une unité, vers une des deux cases adjacentes (les deux pions peuvent éventuellement provenir de la même case). Si le plateau contient 13 cases, lui est-il possible de faire en sorte que tous les pions se retrouvent dans la case grise ? Et s'il contient 15 cases ? 14 cases ? 16 cases ?



SOLUTION DU N° 765

Pour $a = 110$, l'aire de l'étang est égale à 16875 m². Mais elle ne croît pas indéfiniment ; elle passe par un maximum et décroît ensuite. La figure ci-dessous justifie le calcul de l'aire A du triangle gris (de hauteur h). Les deux triangles étant semblables de rapport $k = x'/x$, on a : $A = hx/2 = 130 x/(1+k) = 130 x^2/(x+x')$. On applique ce résultat à quatre triangles de la figure complète.



En effet, il est facile de montrer que l'aire de l'étang est égale à l'aire du triangle BED de laquelle on retranche les aires des triangles BFD et BHC et à laquelle on rajoute l'aire du triangle BGC décalquée deux fois. Pour $a = 110$ m, cela donne, en m², en utilisant le calcul précédent : $A = 9360 - 6435 - 3217,5 + 1980$.

• Dans le cas général, en posant $a = 66k$, l'aire s'écrit : $A = 25740 k^2 / (2k+1)(k+2)(k+1)$. Cette aire n'a pas de sens de variation fixe : elle est nulle pour $a = 0$, commence par croître, prenant son maximum, environ 1717,52 m², pour k compris entre 2,1 et 2,2 (soit a égal à environ 139,2 m), puis décroît, repassant une deuxième fois par chacune des valeurs prises précédemment : par exemple l'aire de l'étang prend la valeur 1687,5 m² pour $a = 110$ m, mais aussi une autre fois, quand a vaut environ 177,1 m.

Une semaine des maths à l'école

Du 12 au 18 mars se tiendra dans tous les établissements scolaires français la première « Semaine des mathématiques » sur le thème « Les filles et les mathématiques ». Le concours Kangourou, organisé durant cette période, est à l'origine de cette initiative, reprise par le Ministère de l'Éducation Nationale et destinée à donner aux jeunes, mais aussi aux parents et à un plus vaste public, une image des mathématiques plus conforme à la réalité : une science vivante et attractive. Le médiateur médaillé Fields Cédric Villani donnera le coup d'envoi lundi 12 mars, au Palais de la Découverte à Paris, devant plusieurs classes d'Île de France. Outre les animations au sein des écoles, collèges et lycées, d'autres actions auront lieu un peu partout en régions : une conférence nationale lundi 13 mars à l'ENS de Lyon, le rallye de calcul mental Calcul@tice dans le Nord, le rallye Mathématiques Sans Frontières en Alsace, et, la semaine suivante, le rallye Bombyx à Ganges (près de Montpellier), les Olympiades académiques et le Concours général de mathématiques. Certaines manifestations seront ouvertes au grand public. Ainsi, à Villeneuve d'Ascq, près de Lille, le Forum des Sciences proposera du 15 au 18 mars une nouvelle édition de sa « Fête des Maths », sur réservation pour les classes en semaine (au 03 59 73 96 00) et d'accès libre pour tous le week-end.

MATHIEU VIDARD
14h - La tête au carré

avec chaque vendredi la chronique de la rédaction du cahier Science&techno **Le Monde**

Après Fukushima, le dosimètre à faire soi-même

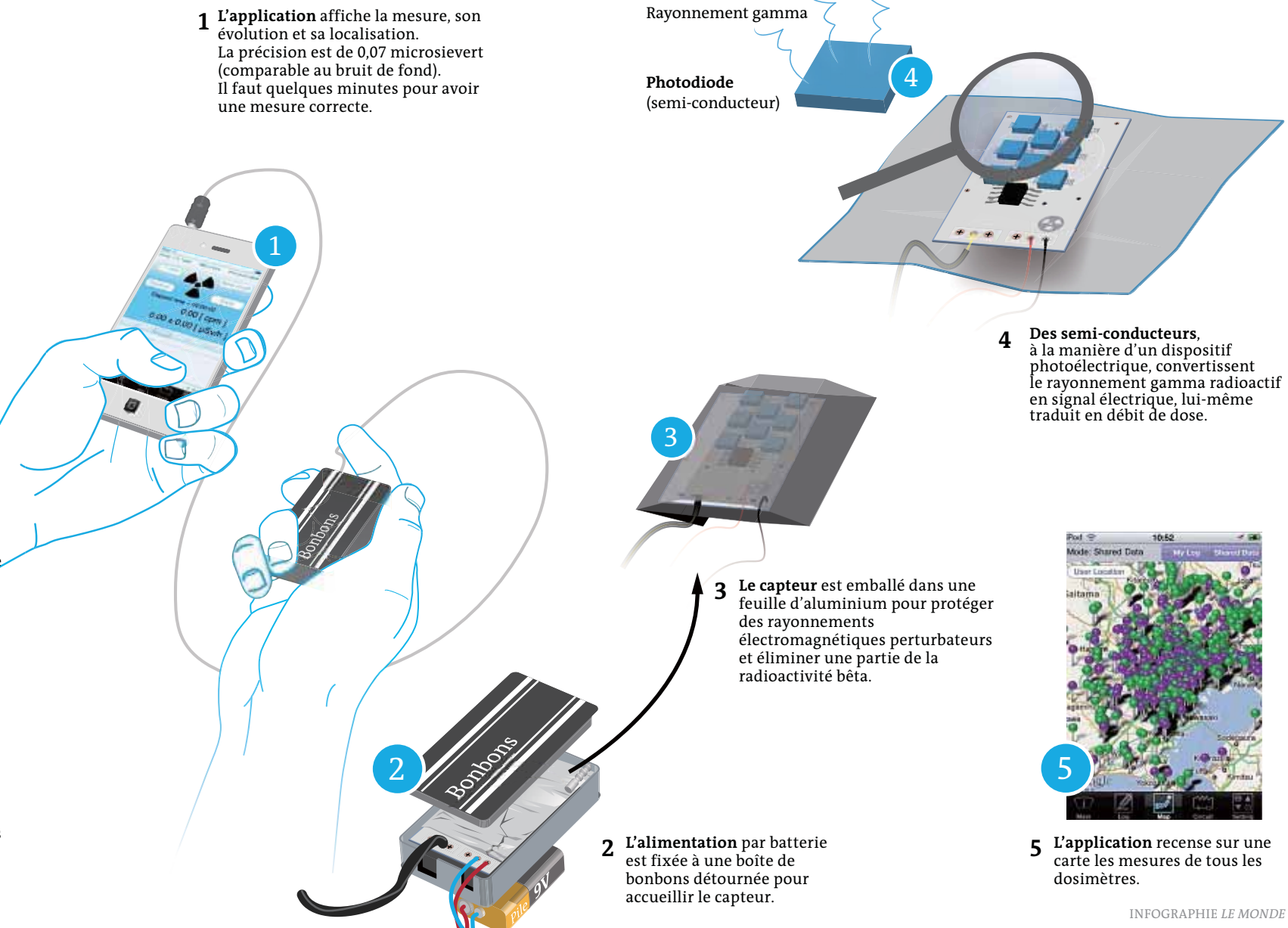
Un an après l'accident de Fukushima, l'inquiétude des Japonais concernant le niveau de radioactivité et leur défiance vis-à-vis des autorités ont conduit plusieurs milliers d'entre eux à s'équiper de dosimètres « faits main ». L'initiative la plus marquante vient de l'association Radiation Watch, qui a vendu depuis octobre 2011 plus de 10 000 kits permettant de transformer les iPhone, iPad et iPod d'Apple en « compteurs Geiger de poche ».

Cette appellation est un peu usurpée, car la mesure de la radioactivité est effectuée grâce à une puce de silicium, et non par un tube contenant un gaz qui s'ionise sous l'effet de particules radioactives comme dans le compteur Geiger classique.

Mais pour Jean-François Bottollier, de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), « ce type de détecteur à semi-conducteur est tout à fait acceptable pour l'application considérée ».

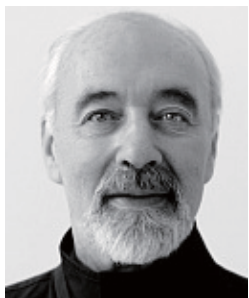
L'IRSN envisage d'ailleurs de passer au banc d'essai des systèmes similaires qui fleurissent actuellement, pour voir dans quelle mesure ils pourraient s'intégrer dans les réseaux de surveillance officiels.

Le compteur de Radiation Watch coûte 35 euros si l'on bricole un peu et 50 euros s'il est acheté déjà monté. La Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (Criirad), avant Fukushima, commercialisait un compteur Geiger autour de 200 euros avant que son fabricant russe ne soit en rupture de stock. Fin avril, une entreprise française, Kindenoo, commercialisera un produit plus élaboré à 420 euros. « C'est très bien que les gens fassent des mesures car cela permet de comprendre, d'être autonome et d'avoir accès à des données dans un domaine pas toujours très transparent, constate Roland Desbordes, de la Criirad. Mais attention aux utilisations: on ne peut exploiter tels quels leurs résultats. Nous sommes assez réticents sur la mise en ligne de toutes ces données. »



INFOGRAPHIE LE MONDE

Au « Yogurtistan », une monnaie valable en ligne et hors ligne



TOUR DU MONDE
DE L'INNOVATION

Francis Pisani

Journaliste et blogueur
(winch5.blog.lemonde.fr)

(PHOTO: MARC CHAUMEIL)

Emil Turun est sans doute le plus ambitieux des entrepreneurs que j'aie rencontrés jusque-là. Il veut créer une devise monétaire qui fonctionne aussi bien online qu'offline (en ligne et hors ligne). Face au scepticisme du journaliste, il s'empresse d'ajouter que son entreprise, Yogurt Technologies (yogurt.com.tr), est une des six premières sociétés turques à avoir reçu de l'argent de capital-risqueurs. Il y a donc des gens qui le prennent au sérieux. Voici son plan.

Première étape, il a créé Yogurtistan.com, « un monde en 3D très différent du jeu en réseau Second Life. Basé sur Adobe Air, il fonctionne sur tous les navigateurs. De là vous pouvez consulter iTunes, lire des livres ou regarder des programmes de télévision en plein écran ».

Comme on passe d'une boutique à l'autre dans la rue, sur Yogurtistan « on passe du site Migros au site Quick Silver [deux sociétés connues en Turquie] sans changer d'onglet ». Ce qui donne « un nouveau Web » qui permet de mieux mimer

les comportements hors ligne : « Quand nous regardons un film au cinéma ou quand nous achetons des jeans, nous créons des données sur nos préférences. Aujourd'hui, elles ne sont pas connectées à nos réseaux sociaux de façon utile ».

L'étape suivante consiste à créer une monnaie qui serve aussi bien à régler des opérations en ligne qu'à « payer le restaurant dans lequel nous sommes en train de dîner », explique-t-il. Son idée consiste à ajouter « une quatrième dimension : notre "engagement" online. » « Une épée virtuelle générée au cours des dernières heures ne permet pas d'acheter un verre de vin. » C'est ce que l'équipe de Yogurtistan veut changer. « Nous travaillons à la création d'une monnaie spéciale qui fonctionnera dans les deux mondes », précise-t-il. Il l'a baptisée « kayme », un mot du turc ancien utilisé au moment de l'introduction des billets de banque.

En Turquie, Turun s'appuie sur des programmes développés de points de fidélité (loyalty points). « Nous avons passé des

accords avec la plupart d'entre eux pour qu'ils soient interchangeables avec notre devise », explique-t-il.

C'est là que le projet est énorme. « Un jour, quand vous rentrerez dans ce restaurant, vous vérifierez s'ils acceptent vos crédits Facebook. L'amitié, c'est bien joli, mais dépenser de l'argent est une partie essentielle de notre vie. Nous avons besoin d'une monnaie acceptable dans les deux dimensions. »

Turun compte déjà parmi ses clients Coca-Cola et Turkcell, la plus grosse entreprise de téléphonie mobile de Turquie. Les marchands sont intéressés par les données recueillies. « Ils atteindront leurs clients grâce à des applications sur Yogurtistan. Les utilisateurs (qui ne participent que s'ils le veulent) seront payés en kaymes par les marques, et la devise virtuelle sera soutenue par les budgets de pub existants. »

Ça a l'air fou mais c'est dans l'air du temps. Mark Andreessen (créateur du premier navigateur et gros investisseur de la

Silicon Valley) est convaincu que « le software mange le monde ». Et Reid Hoffman, cofondateur de PayPal puis de LinkedIn, vient d'écrire dans la revue *Forbes* que « nous sommes au début d'une vague massive d'innovations dans l'industrie du paiement ». Les développeurs vont maintenant ajouter des fonctionnalités aux cartes de crédit en liant certaines opérations à des applications en ligne.

Turun n'est donc pas le seul à essayer d'innover dans ce domaine, mais peut-il réussir ? Voici sa réponse envoyée par courriel : « Une société comme Facebook serait dans une meilleure position. Mais elle est trop grosse pour prendre de vrais virages. C'est l'essence des start-up. Nous n'avons rien d'autre que notre volonté de réaliser ce projet. Je crois que si nous réussissons, ça sera parce que je suis assez fou pour croire que nous le pouvons. » ■



Des ondes en tire-bouchon pour désembouteiller les télécoms

Une équipe italo-suédoise propose un nouveau mode de multiplexage, qui pourrait aussi faciliter la détection des trous noirs

DAVID LAROUSSIERE

Cent dix-sept ans après la première transmission radio, par l'Italien Guglielmo Marconi (1874-1937), une équipe des universités de Padoue (Italie) et de l'Institut suédois de physique spatiale (à Uppsala) promet de révolutionner encore les télécommunications. Elle a inventé une technique pour décongestionner les réseaux en transportant, sur la même fréquence, plusieurs canaux différents.

Ce principe n'est pas nouveau et est déjà appliqué, par exemple, dans la téléphonie mobile, mais le nombre de signaux est limité à une dizaine dans une certaine bande de fréquence. Pour dépasser ces contraintes, les chercheurs ont utilisé une caractéristique des ondes encore non exploitée : le moment angulaire orbital. En général, une onde, lumineuse ou radio, est définie

par sa fréquence et son intensité. Cela peut être aussi sa polarisation, c'est-à-dire la direction du champ électrique qu'elle porte.

Le moment angulaire est une autre propriété, qui équivaut en quelque sorte à décrire la forme dans l'espace de cette onde. S'il est nul, le front de l'onde est d'intensité uniforme dans tout plan perpendiculaire à la transmission. S'il n'est pas nul, ce front est déformé. Italie oblige, les chercheurs aiment à dire que sur le trajet entre émetteur et récepteur, l'onde adopte une forme de fusilli, ces pâtes en forme de tire-bouchon.

« Moments angulaires »

L'avantage est qu'il est possible de faire tourner cette torsade autant de fois que l'on veut : deux « fusillis » qui tournent à des vitesses différentes n'interagiront pas ensemble. Ainsi, sur la même fréquence, une infinité, en théorie, de signaux peuvent être transmis



A Venise, entre la place Saint-Marc et l'île de San Giorgio, des sons et des images ont été transmis en utilisant des ondes radio en forme d'hélice.

FABRIZIO TAMBURINI

indépendamment, avec une rotation différente. Et ça marche !

Les physiciens viennent en effet de publier dans le *New Journal of Physics* du 1^{er} mars les détails d'une expérience grandeur nature réalisée en juin 2011 à Venise, entre la place Saint-Marc et l'île de San Giorgio.

Devant 2 000 personnes, des sons et des images ont été transmis en utilisant une fréquence porteuse de 2,4 GHz, celle qui est utilisée par les émetteurs Wi-Fi.

« L'utilisation de ces moments angulaires dans le domaine des transmissions radio est une pre-

mière. Ils avaient jusqu'alors seulement servi en optique », insiste Olivier Emile (université Rennes-1), qui a lancé une thèse sur ce sujet avec son collègue Christian Brousseau.

L'idée a été proposée, en 2007, par Bo Thidé, le Suédois de l'équipe, puis démontrée en laboratoire, en 2011, par la même équipe, avant de devenir plus réelle sur 440 mètres au-dessus de la lagune vénitienne. « C'était très compétitif. Les Américains, via leur agence de recherche de la défense (Darpa), avaient investi 20 millions de dollars [15,3 millions d'euros], mais nous avons réussi avant eux ! », s'amuse Fabrizio Tamburini, le porte-parole de l'expérience. La défense s'intéresse aussi à cette technique pour les radars : des avions même furtifs pourraient modifier les moments angulaires orbitaux des ondes et ainsi être détectés !

Des brevets ont été déposés et la création d'une start-up est en

cours. Des questions sont tout de même à régler avant de déployer cette technologie. « Il faut vérifier que l'environnement, les réflexions multiples sur les objets préservent les propriétés de moment angulaire orbital », précise Christian Brousseau. Les deux chercheurs remarquent également qu'à Venise, pour détecter les différents canaux, il a fallu faire des mesures d'interférence en déplaçant à la main les antennes...

En théorie, un réseau de plusieurs dizaines d'antennes devrait régler ces questions. Mais combien faudra-t-il d'antennes si on multiplie les canaux ? Fabrizio Tamburini balaie ces objections et songe à un rêve encore plus fou : voir directement un trou noir dans la galaxie ! En effet, la rotation sur lui-même de cet objet invisible bien que très massif pourrait influencer le moment angulaire des ondes reçues, ce à quoi un radiotélescope terrestre pourrait être sensible. ■