

VIROLOGIE

GRIPPE : UN TRAITEMENT UNIVERSEL GRÂCE AU LAMA ?

Une injection d'anticorps de lamas sous forme d'aérosol nasal offre une nouvelle stratégie pour remplacer la classique vaccination contre la grippe saisonnière.

La grippe saisonnière, causée par des virus *influenza* de types A et B majoritairement, entraîne chaque année jusqu'à 650 000 décès dans le monde. Or il existe un très grand nombre de souches de ces virus, qui mutent régulièrement. Aujourd'hui, la prévention passe par un vaccin qui assure une protection contre seulement quatre souches, sélectionnées chaque année par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en fonction de leur probabilité de prédominer dans l'épidémie à venir. Un pari qui n'est pas toujours gagnant. À la recherche d'une solution plus universelle, Ian Wilson, de l'institut américain de recherche Scripps, et ses collègues ont décidé d'explorer une autre piste, grâce à un animal pour le moins inattendu : le lama.

La stratégie classique de vaccination consiste à introduire des souches inactivées de virus dans le corps pour lui faire produire des anticorps, qui élimineront le virus en cas de réelle infection. Dans le cas de la grippe, les anticorps ciblent une protéine de surface du virus, l'hémagglutinine, et plus précisément la tête de cette protéine, région plus facile d'accès pour le système immunitaire. Mais cette tête a l'inconvénient d'être très variable (la fréquence de ses mutations est élevée) et spécifique de chaque souche de virus. D'où la difficulté d'obtenir une protection large, au-delà des quelques souches retenues pour le vaccin annuel.

En vue d'une protection universelle, Ian Wilson et ses collègues se sont intéressés au lama, connu pour produire des anticorps de petite taille, capables de cibler des régions de l'hémagglutinine moins accessibles, mais aussi plus stables d'une souche virale à l'autre.

Les chercheurs ont isolé quatre anticorps du lama efficaces contre certaines souches de grippe. Ils ont alors fabriqué un gène dont l'expression rassemble en un seul anticorps des parties des quatre anticorps du lama. Cette fusion est avantageuse : l'anticorps final cible *in vitro* au moins soixante souches de grippe. L'originalité de ces travaux tient alors à la méthode retenue pour faire produire cet anticorps de lama à des souris afin de vérifier son efficacité *in vivo*. S'ils l'ont directement injecté par voie intraveineuse à certaines souris, les chercheurs ont aussi testé



Vue d'artiste du virus de la grippe. L'hémagglutinine (en violet) est une protéine de surface qui est la cible des anticorps. En s'y fixant, ils empêchent le virus d'envahir les cellules de l'organisme.

2 à 8 MILLIONS

C'EST LE NOMBRE DE PERSONNES TOUCHÉES PAR LA GRIPPE EN FRANCE CHAQUE ANNÉE. LE COÛT ASSOCIÉ, EN MÉDECINE AMBULATOIRE SEULE, EST COMPRIS ENTRE 230 ET 840 MILLIONS D'EUROS, AUQUEL IL FAUDRAIT AJOUTER LES HOSPITALISATIONS ET LES PERTES DE PRODUCTION.

Source : Groupe d'expertise et d'information sur la grippe (www.grippe-geig.com)

chez d'autres une injection intranasale contenant un virus porteur du gène chimérique. Le virus en question, un adénovirus, est inoffensif et couramment utilisé en thérapie génique. Le rôle de ce vecteur est ici d'insérer dans l'ADN des cellules nasales le gène d'intérêt et de leur faire ainsi produire l'anticorps chimérique. L'expérience a montré de bons taux de survie des souris exposées à différentes souches de virus de la grippe. Le vecteur permet, du moins chez la souris, une libération prolongée et ciblée d'anticorps pendant plusieurs mois dans les muqueuses, qui sont le point d'entrée du virus.

«Les résultats obtenus sont très convaincants, mais il faut temporiser : les réactions immunitaires chez la souris et chez l'homme ne sont pas similaires. Ces anticorps de lama pourraient être détruits par notre système immunitaire», souligne Sylvie de Werf, de l'institut Pasteur à Paris. D'autres questions se posent. Pour être utilisé chez l'homme, le vecteur devra réellement assurer une protection pendant toute la saison de la grippe. Enfin, la stratégie devra prouver qu'elle est sans danger et assez efficace pour justifier d'inoculer un organisme génétiquement modifié à des individus sains. ■

NOËLLE GUILLON

N. S. Laursen *et al.*, *Science*, vol. 362, pp. 598-602, 2018

IMPACT AU GROENLAND

Sous le glacier Hiawatha, dans le nord-ouest du Groenland, une structure ronde est apparue lors de sondages au radar. De 30 kilomètres de diamètre, d'une profondeur de 320 mètres, elle présente en son centre une zone surélevée de 50 mètres. Avec des collègues danois, français et anglais, Kurt Kjær, de l'université de Copenhague, y a vu un possible cratère d'impact et entrepris de le prouver. Ce qui a été fait en analysant un échantillon de sédiments transportés par les rivières subglaciaires: il contenait des grains de quartz choqué et des cônes de choc, que seuls les grands impacts peuvent produire. Les chercheurs ont calculé que le cratère observé pourrait être dû à la chute, à quelque 20 kilomètres par seconde, d'un astéroïde ferreux d'environ 1,5 kilomètre de diamètre, en supposant le glacier absent lors de l'impact – dont l'époque reste à déterminer. ■

F. S.

K. Kjær et al., *Science Advances*, vol. 4, article eaar8173, 2018

PALÉONTOLOGIE

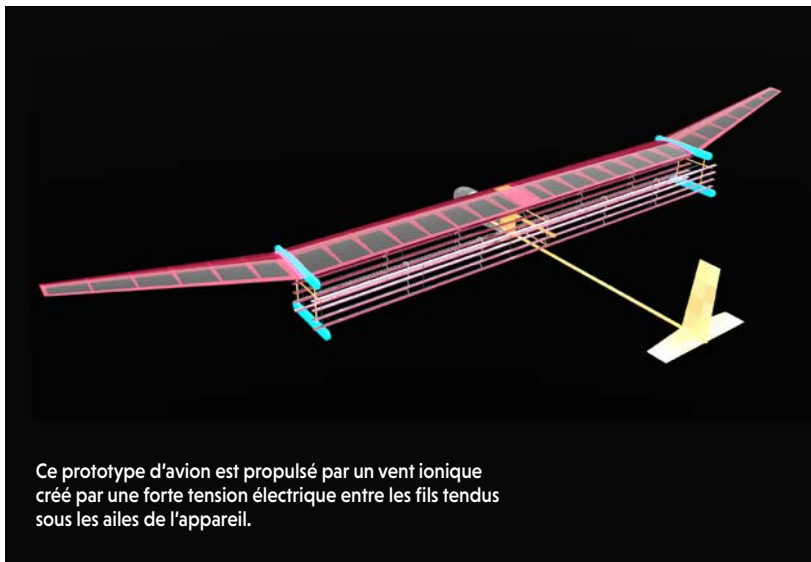
DICYNODONTE MASSIF

Un dicynodonte géant de la fin du Trias (252,2 à 201,3 millions d'années) a été découvert par Tomasz Sulej, de l'Académie des sciences polonaise, et Grzegorz Niedźwiedzki, de l'université d'Uppsala. L'animal, qui a reçu le nom *Lisowicia bojani*, a été mis au jour au sein de sédiments fluviaux en association avec des os de dinosaures dans une ancienne zone humide. Les dicynodontes sont des reptiles mammaliens qui, entre le Permien moyen (272,3 à 259,9 millions d'années) et le Trias final, étaient les herbivores dominants. Jusqu'à présent, on n'en connaissait pas de plus de 1 mètre de long. Or les chercheurs estiment que *Lisowicia* pesait 9 tonnes et mesurait 2,6 mètres de haut. Si ses membres postérieurs ressemblent à ceux des autres dicynodontes, ses membres antérieurs font penser à ceux des grands dinosaures quadrupèdes. Il s'agissait manifestement d'un animal à croissance rapide, vitale pour la survie en bas âge. *Lisowicia* apparaît ainsi comme très similaire à nos éléphants. ■

F. S.

T. Sulej et G. Niedźwiedzki, *Science*, article eaal4853, en ligne le 22 novembre 2018

UN AVION S'ENVOLE GRÂCE AU VENT IONIQUE



Ce prototype d'avion est propulsé par un vent ionique créé par une forte tension électrique entre les fils tendus sous les ailes de l'appareil.

Certaines sondes spatiales, telles *Dawn* ou *BepiColombo*, sont équipées d'un moteur ionique: des atomes sont ionisés et accélérés vers l'arrière, ce qui propulse l'engin vers l'avant. Sur Terre, la faible poussée d'un tel système semble insuffisante pour faire voler un avion. Néanmoins, Steven Barrett, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), s'en est inspiré pour concevoir un prototype d'avion qui vole sans pièce mobile (hélice, rotor, etc.), sans utiliser de carburant et sans émettre directement du dioxyde de carbone.

L'idée est d'utiliser deux jeux de fils tendus le long des ailes et d'établir une forte tension électrique, de 40 000 volts, entre les fils antérieurs et postérieurs. Autour des fils à l'avant, le champ électrique ionise des atomes de l'air qui sont alors accélérés vers les fils à l'arrière. En chemin, ces ions entrent en collision avec de nombreux atomes de l'air et transmettent une part de leur énergie. Ces atomes sont alors poussés vers l'arrière de l'avion et forment le «vent ionique». Par réaction, l'avion avance. Steven Barrett et ses collègues ont utilisé un logiciel d'optimisation pour obtenir un concept d'avion ayant une envergure de 5 mètres pour un poids total de 2,4 kilogrammes. La difficulté a été de concevoir un système de batteries léger capable de produire une tension aussi élevée. Lors d'essais dans le gymnase du MIT, le prototype, préalablement lancé, a atteint une vitesse de 17 kilomètres par heure en volant sur 50 mètres (une distance limitée par la taille du bâtiment). Avec le système éteint, l'avion ne parcourt que 10 mètres.

Si la preuve du concept est faite, l'équipe doit encore relever de nombreux défis: améliorer le rendement du système, adapter un tel dispositif à des avions de plusieurs tonnes, etc. Mais les chercheurs imaginent déjà des appareils utilisant ce système alimenté par des panneaux solaires, et cela sans faire de bruit. ■

S. B.

Haofeng Xu et al., *Nature*, vol. 563, pp. 532-535, 2018

MÉDECINE

BOUGER SON BRAS FANTÔME

Pour des patients amputés au niveau du bras, apprivoiser sa prothèse n'est pas chose aisée. Pour la mobiliser, il faut en effet réussir à effectuer des contractions musculaires puissantes et non naturelles. Mais Nathanaël Jarrassé, de Sorbonne Université, à Paris, et ses collègues ont conçu une prothèse qui ne nécessite ni apprentissage du patient ni intervention chirurgicale. Comment ? En apprenant à la prothèse à décoder les mouvements du « membre fantôme ». On nomme ainsi la sensation, rapportée par certaines personnes amputées, que le membre manquant est toujours relié au corps.

Environ 75% des personnes qui ont un membre fantôme peuvent le bouger mentalement, à un niveau variable selon les patients. De façon intéressante, associées à cette mobilité du membre fantôme, on observe des contractions musculaires au niveau du moignon.

L'équipe a utilisé des techniques d'apprentissage automatique pour entraîner un algorithme à reconnaître le schéma de contraction musculaire propre à chaque mouvement du membre fantôme et propre à chaque patient. Deux patients ont ainsi réussi à saisir, à l'aide de la prothèse – non portée, mais placée près de leur moignon de bras – divers objets et à les lâcher



Grâce à un logiciel qui interprète les mouvements des muscles du moignon, le patient contrôle sa prothèse.

au-dessus d'un récipient. Et ce, après seulement quelques minutes d'entraînement. Un résultat qui ne va pas de soi avec les prothèses actuelles.

« Nous avons apporté la preuve de concept que même sans chirurgie, il est possible d'obtenir des résultats », conclut Jozina de Graaf, neuroscientifique de l'Institut des sciences du mouvement, à Aix-Marseille Université. « Et au-delà de ça, notre travail permet de libérer le tabou du membre fantôme. Il y a encore des patients qui n'osent pas en parler. » ■

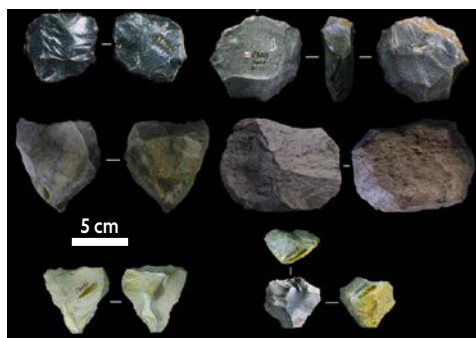
ALINE GERSTNER

N. Jarrassé et al., *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, en ligne le 29 novembre 2018

PRÉHISTOIRE

LEVALLOIS TRÈS TÔT EN CHINE

Il y a plus de 400 000 ans, en Afrique, un de nos ancêtres eut l'idée de tailler une pierre pour en faire non pas un outil, mais un bloc dont il pourrait débiter par la suite de nombreux éclats tranchants. Cette technique porte le nom de méthode Levallois. Bo Li, de l'université de Wollongong, en Australie, et ses collègues viennent de prouver que cette méthode était utilisée en Chine il y a 170 000 ans. Son équipe a réévalué par luminescence stimulée optiquement des grains de quartz tirés des strates ayant contenu deux ensembles d'artefacts de type Levallois trouvés dans la grotte de Guanyindong, dans le sud-ouest de la Chine. Grâce à cette technique de datation, qui révèle quand un objet a été exposé au soleil pour la dernière fois, ils ont pu reconstituer une chronologie cohérente des strates d'où proviennent les outils. Il en ressort



Une partie des nucléus trouvés dans la grotte de Guanyindong, en Chine.

que l'un des ensembles d'outils date de 160 000 à 170 000 ans. Cela suggère l'emploi de la méthode Levallois en Chine à cette époque. Par qui ? Par des autochtones ou par de nouveaux arrivants ? On l'ignore, mais une chose est sûre : l'emploi de la méthode Levallois est considéré comme une preuve de modernité cognitive. ■

F. S.

Yue Hu et al., *Nature*, en ligne le 19 novembre 2018

EN BREF

LÉVITATION DIRIGÉE

Un dispositif construit par l'équipe de Jörg Müller, de l'université de Bayreuth, permet de contrôler à distance les mouvements d'un petit objet. Placées en vis-à-vis à 20 centimètres l'une de l'autre, des batteries de transducteurs engendrent des fronts d'ondes ultrasonores opposés, ce qui a pour effet de mettre un petit objet, une balle par exemple, en lévitation. Le réglage subtil des phases relatives des ondes permet ensuite de déplacer l'objet en lévitation à volonté.

LES TOILETTES DE MME DE SÉVIGNÉ

Le « cabinet d'aisance » dont usait Marie de Rabutin-Chantal (1626-1696), alias Mme de Sévigné, quand elle venait visiter sa fille Françoise au château de Grignan, vient d'être découvert dans un placard. Haut de 1,80 mètre sur 0,75 mètre de largeur, il était doté d'une assise constituée de deux blocs de calcaire superposés et enchâssés dans le mur accueillant probablement une chaise percée servant à la fois à recevoir les postérieurs et à protéger la maçonnerie, qui est apparue vierge de déjection.

ANOMALIES PRÉHISTORIQUES DE DÉVELOPPEMENT

Erik Trinkhaus, de l'université de Washington, vient d'observer 75 anomalies du développement dans un échantillon de 66 fossiles humains couvrant le Paléolithique moyen et supérieur. La probabilité cumulée d'une telle répartition de pathologies est quasi nulle. Cela suggère que dans le mode de vie préhistorique, des facteurs universels ont rendu les développements biologiques anormaux très visibles dans le registre fossile. Consanguinité excessive ? Dureté de la vie ? Biais funéraire surexprimant les handicapés ? Aucune explication simple ne tient.

UNE PREUVE DE L'AVANTAGE DES ORDINATEURS QUANTIQUES

Pour la première fois, des chercheurs ont démontré dans un cas particulier que l'ordinateur quantique est réellement plus performant que l'ordinateur classique.

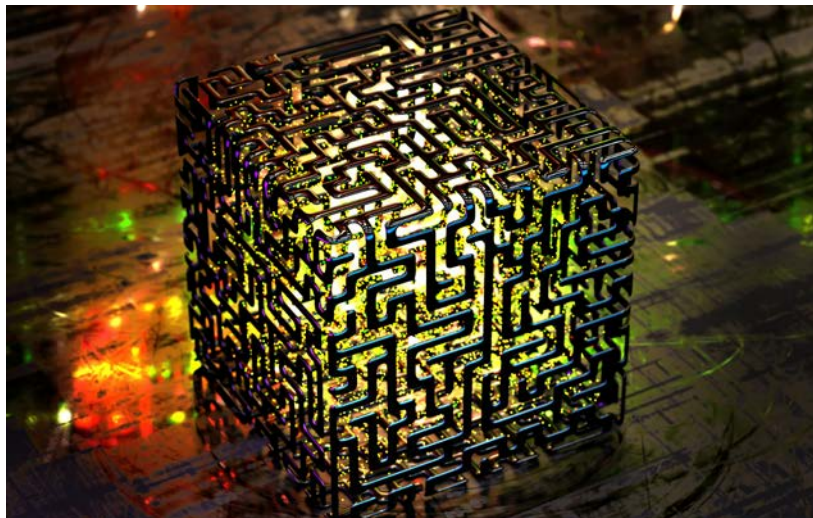
Aujourd'hui encore, la question de la performance d'un ordinateur quantique vis-à-vis de son alter ego classique est loin d'être évidente. Mais Robert König, de l'université technique de Munich, et deux collègues, du centre de recherche d'IBM à New York, viennent d'établir la première preuve formelle de l'avantage d'un ordinateur quantique dans une configuration bien particulière.

L'idée de l'ordinateur quantique est d'exploiter certains principes fondamentaux de la physique quantique, notamment la superposition des états. Ainsi, tandis qu'un bit d'information classique ne peut prendre que la valeur 0 ou 1, un bit quantique, ou qubit, peut être dans une superposition des états 0 et 1. Les propriétés de ce type d'états laissent penser qu'il est possible d'augmenter les capacités et la vitesse de traitement de l'information. L'inconvénient est que les superpositions d'états sont fragiles et sont détruites par la moindre interaction avec leur environnement. Leur maîtrise technique est encore un immense défi.

Plus surprenant, la démonstration de la supériorité de l'ordinateur quantique par rapport à l'ordinateur classique n'est pas non plus formellement établie pour résoudre des problèmes réels, même si certains arguments le suggèrent. Par exemple, l'algorithme (quantique) de Shor pour factoriser des nombres en nombres premiers est plus efficace que tous les algorithmes classiques connus. Cependant, cet argument repose sur une hypothèse forte et non démontrée concernant les algorithmes classiques de factorisation, à savoir qu'il ne peut pas en exister dont le temps de calcul augmenterait comme une fonction polynomiale du nombre à factoriser (si un tel algorithme existait, il serait considéré comme rapide et aussi performant que celui de Shor). Or cette hypothèse pourrait un jour être contredite.

Il existe encore d'autres types d'algorithmes quantiques, notamment utilisés pour effectuer des recherches au sein d'une liste, mais la preuve qu'ils sont plus performants que des algorithmes classiques manque également.

Pour mettre en évidence l'avantage des algorithmes quantiques, Robert König et ses



À quoi ressemblera l'ordinateur quantique de demain ? Il n'y a pas que la réalisation matérielle qui compte. Les performances des algorithmes quantiques sont aussi à l'étude.

1 MILLIARD D'EUROS

C'EST LE BUDGET SUR 10 ANS DU PROJET EUROPÉEN QUANTUM FLAGSHIP, QUI IMPLIQUE DES LABORATOIRES, DES UNIVERSITÉS ET DES INDUSTRIELS. L'OBJECTIF EST DE DÉVELOPPER LES APPLICATIONS DES TECHNOLOGIES QUANTIQUES.

collègues ont étudié un algorithme particulier qui effectue des opérations sur une chaîne de bits classiques, pour résoudre certains problèmes d'algèbre linéaire. Le temps d'exécution de cet algorithme dans un ordinateur quantique ne dépend pas de la taille de la chaîne de données en entrée. On parle dans ce cas de «circuit quantique à profondeur constante», la «profondeur» définissant d'une certaine façon le nombre d'étapes de calcul dans l'algorithme. Les trois chercheurs ont alors démontré qu'il est impossible de résoudre les problèmes considérés avec un ordinateur classique, car ce dernier nécessite une profondeur croissante si la quantité de données en entrée augmente.

Pour Benoît Valiron, du Laboratoire de recherche en informatique, à l'université Paris-Sud, «ce résultat est intéressant même s'il est très théorique et sans applications pratiques, du moins dans l'immédiat.» Il ajoute cependant que «là où ce résultat entre en résonance avec des choses éventuellement plus concrètes, c'est dans le fait que les circuits à profondeur constante (et faible) seront probablement les premiers systèmes que l'on sera capable de réaliser sur des processeurs quantiques». ■

S. B.

S. Bravyi et al., *Science*, vol. 362, pp. 308-311, 2018

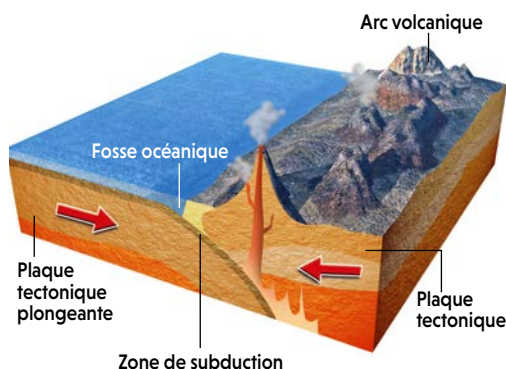
GÉOSCIENCES

L'EAU DE LA SUBDUCTION

Dans une zone de subduction, l'une des plaques tectoniques en collision plonge lentement dans le manteau. Ces plaques étant riches en eau, il est clair qu'elles sont à l'origine de l'apport d'eau dans les roches mantelliques. Mais les volumes de fluide impliqués sont mal connus.

Chen Cai et ses collègues, de l'université Washington de Saint-Louis, aux États-Unis, ont estimé la quantité d'eau qui est emportée vers l'intérieur de la planète dans la zone de subduction de la fosse des Mariannes (où se rencontrent la plaque tectonique Pacifique et la plaque tectonique des Philippines).

Les chercheurs ont utilisé une méthode d'imagerie qui exploite les ondes sismiques. Grâce à un réseau de 19 sismomètres répartis sur le fond de l'océan et de 7 stations sismologiques installées sur les îles proches de la fosse, ils ont analysé la propagation des ondes sismiques de 380 séismes survenus plus ou moins loin de la fosse des Mariannes. Ils ont ainsi pu estimer la



Lorsque deux plaques tectoniques se rencontrent, la plus dense s'enfonce dans le manteau et y apporte de l'eau.

teneur en eau de la roche jusqu'à des profondeurs de plusieurs dizaines de kilomètres dans la région de cette fosse. Ils concluent que 3 milliards de tonnes d'eau par an sont enfouies, soit quatre fois plus qu'on ne le pensait. Les conséquences, sans doute notables, sur les modèles du cycle de l'eau et de nombreux phénomènes géologiques tels que le volcanisme sont à étudier. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

C. Cai et al., *Nature*, vol. 563, pp. 389-392, 2018

EN BREF

COALESCENCES DE TROUS NOIRS : QUATRE DE PLUS !

Après une nouvelle analyse des données de 2016 et 2017 recueillies par leurs interféromètres géants aux États-Unis et en Italie, les membres de la collaboration *Ligo/Virgo* ont identifié quatre nouvelles détections d'ondes gravitationnelles. Le catalogue contient désormais onze événements, dont un est dû à la coalescence de deux étoiles à neutrons. Les dix autres correspondent à la fusion de deux trous noirs. Ces chocs titanesques ont fait vibrer l'espace-temps sous la forme d'ondes parvenues jusqu'à nous. Les interféromètres *Ligo* et *Virgo*, en cours de travaux d'amélioration, se remettront à écouter l'Univers au début de 2019. La moisson sera, à n'en pas douter, exceptionnelle.

cité
sciences
et industrie

l'année 2018 en sciences

rétro-actu

samedi 12 janvier
— à 14h30

© P. Gros

Retour sur les événements scientifiques qui ont marqué l'année 2018.

Une rétrospective en images illustrant les découvertes de l'année, qui ont fait bouger les lignes des connaissances ou qui ont ouvert des voies à des applications inédites. Un décryptage des découvertes majeures de l'année par des chercheurs et des journalistes, pour en comprendre la portée scientifique et analyser leur impact médiatique.

Il sera notamment question de l'introduction accidentelle en France d'un ver plat géant, nouvelle menace pour la biodiversité des sols, ainsi que des dernières avancées dans les domaines de l'astronomie, de la santé ou encore des technologies.

Une rencontre proposée par le magazine *Science Actualités* et les Conférences d'Universcience en collaboration avec les étudiants du master Journalisme culture et communication scientifiques de l'université Paris Diderot.

AVEC LE SOUTIEN DE **FORUM LA SCIENCE**

ÉVOLUTION

SANS DENTS NI FANONS

Si les baleines bleues ont des fanons (lames cornées qui garnissent la mâchoire supérieure) pour filtrer l'eau et attraper leurs proies, leurs ancêtres lointains avaient des dents. Dès lors, comment les fanons sont-ils apparus? Une hypothèse est que des ancêtres intermédiaires auraient eu à la fois des dents et des fanons. Carlos Peredo, de l'université George-Mason, aux États-Unis, et ses collègues ont une autre proposition.

Ces chercheurs ont étudié un fossile de baleine vieux de 33 millions d'années et d'un nouveau genre, *Maiabalaena*. Cet animal n'aurait eu ni dents ni fanons. Carlos Peredo et ses collègues suggèrent donc que les baleines auraient perdu leurs dents avant l'apparition des fanons. Mais alors, comment se nourrissait *Maiabalaena*? Par aspiration, supposent les chercheurs. ■

S. B.

C. Peredo et al., *Current Biology*, vol. 28, pp. 1-9, 2018

CHIMIE

UN REVÊTEMENT QUI RAFRAÎCHIT

La climatisation des bâtiments représenterait 10% de la consommation électrique mondiale. Face à ce souci économique et écologique, une solution serait d'utiliser des matériaux passifs qui réfléchissent la lumière du soleil et rayonnent dans l'infrarouge, de quoi réémettre plus d'énergie qu'ils n'en absorbent et ainsi avoir une température réduite par rapport à l'air ambiant.

Les revêtements réfrigérants actuels sont chers et fragiles. D'autres, sous forme de polymères contenant des pigments et appliqués comme une peinture, sont peu efficaces. Mais Jyotirmoy Mandal, de l'université Columbia, aux États-Unis, et ses collègues ont eu l'idée de leur retirer les pigments, à l'aide d'un solvant. Les pores vides ainsi obtenus modifient les propriétés optiques des polymères, qui réémettent alors efficacement le rayonnement: suivant les conditions atmosphériques, les chercheurs obtiennent une diminution de 4 à 6 °C de la température du matériau par rapport à l'air ambiant. ■

MARTIN TIANO

J. Mandal et al., *Science*, vol. 362, pp. 315-319, 2018

ÉTHOLOGIE

UN PROCESSUS CULTUREL CHEZ LA DROSOPHILE



Dans les expériences réalisées, une femelle choisit librement entre des mâles peints en vert (comme ici) ou en rose. D'autres femelles observent la copulation et copieront le choix effectué.

L'espèce humaine est foncièrement culturelle, mais elle n'est pas la seule à présenter de tels traits. Ce phénomène a été observé chez quelques oiseaux et quelques mammifères. De façon générale, la culture est définie comme un ensemble de traits et de comportements qui se transmettent par imitation, sous la forme d'un apprentissage social, et qui ne sont imputables ni à des variations génétiques ni à des conditions environnementales. La drosophile femelle est connue pour copier les préférences sexuelles de ses congénères après les avoir observées s'accoupler. Mais s'agit-il d'un trait culturel? Sabine Nöbel et Étienne Danchin, de l'université de Toulouse, et leurs collègues ont montré que c'est très probablement le cas.

Les chercheurs ont réalisé diverses expériences où, de façon générale, des drosophiles femelles choisissaient librement entre des mâles marqués de vert ou de rose, tandis que d'autres femelles observaient le choix opéré. Ils ont ainsi constaté que le comportement des femelles observatrices présente un aspect culturel: ces mouches tendaient à reproduire le choix de partenaire (rose ou vert) effectué par la majorité des femelles observées, ce qui est une forme de conformisme culturel.

Sabine Nöbel et ses collègues ont ensuite étudié comment ce trait de préférence sexuelle perdurait le long de chaînes de transmission où les observatrices deviennent ensuite les démonstratrices. Ils ont montré que le trait de préférence sexuelle pouvait se maintenir sur huit pas de transmission, mais s'estompait pour des raisons statistiques: la probabilité que plus de la moitié d'un groupe de démonstratrices dans l'expérience (six drosophiles) fasse une «erreur de choix» est relativement élevée. L'équipe a réalisé une simulation numérique qui s'accorde avec les observations et qui montre que la préférence sexuelle acquise perdure longtemps quand la taille du groupe atteint plusieurs dizaines d'individus. ■

S. B.

E. Danchin et al., *Science*, vol. 362, pp. 1025-1030, 2018

EN IMAGE

LES PLUS ANCIENNES PEINTURES SONT À BORNÉO

Les plus anciennes peintures figuratives de l'humanité jamais trouvées se trouvent à Bornéo : sur cette île, la grotte de Lubang Jeriji Saléh contient des œuvres d'au moins 40 000 ans. Avec plusieurs collègues indonésiens et australiens, l'archéologue québécois Maxime Aubert et son équipe de l'université Griffith, en Australie, viennent en effet d'attribuer cet âge à la représentation d'un gros animal dans des tons rouge-orange (*ci-contre*). Les chercheurs y sont parvenus en utilisant l'horloge uranium-thorium (le rapport isotopique thorium/uranium fournit une mesure du temps). La datation est d'autant plus sûre qu'il s'agit de celle de la calcite recouvrant en partie la peinture pariétale : elle fournit donc une valeur minimale de l'âge de l'œuvre.

Il semble ainsi que l'art rupestre de Bornéo se soit développé à peu près à la même période que l'art figuratif d'Europe du Paléolithique supérieur, qui passait jusqu'à il y a peu pour unique. Cette unicité a en effet été remise en cause en 2014 : dans une étude précédente, l'équipe de Maxime Aubert avait prouvé que dans une grotte de l'île Sulawesi (Célèbes), voisine de Bornéo, des mains réalisées au pochoir (en soufflant une poudre sur une main posée sur la paroi) dataient de 40 000 ans.

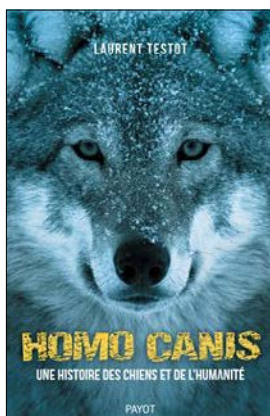
On est désormais certain qu'une autre grande province de l'art pariétal en grotte a existé en Indonésie il y a environ 50 000-40 000 ans. Lors de cette période, le niveau de l'océan mondial était plus bas de quelque 80 mètres. Une partie de l'Indonésie comprenant Bornéo faisait alors partie de l'extrémité orientale de l'Eurasie, de sorte que son art pariétal – un comportement moderne en termes cognitifs – peut être associé à la pénétration de vagues successives d'*Homo sapiens* venus coloniser cette partie de l'Eurasie. ■

F. S.

M. Aubert *et al.*, *Nature*, en ligne le 7 novembre 2018







INFORMATIQUE

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE OU L'ENJEU DU SIÈCLE

Éric Sadin

L'Échappée, 2018

304 pages, 18 euros

L'IA – c'est-à-dire l'intelligence artificielle – recouvre désormais l'ensemble des réalités que l'on rassemblait auparavant sous le concept de technique. En effet, rien n'échappe plus aux algorithmes, ni à l'industrie des données. C'est ce qui pousse Éric Sadin à présenter l'IA comme une techno-idéologie et à s'inspirer, pour le titre de son livre, de *La Technique ou l'Enjeu du siècle*, de Jacques Ellul (1954).

Selon lui, l'IA nous fait entrer dans l'âge anthropologique de la technique en modélisant nos facultés cognitives pour mieux les dépasser, en assignant aux machines de satisfaire notre bien-être et de nous dévoiler toute vérité. Cette « émergence d'une *alètheia* [vérité] algorithmique » confirme, à sa façon, un diagnostic de Heidegger: la cybernétique a pris la place de la philosophie. Éric Sadin considère que nous sommes en train de réaliser le Léviathan décrit par Hobbes: un monde réglé comme une machine intégrale, « arrangée d'après le nombre » (Pythagore), une société régie par des signaux, qui nous dispense de toute volonté politique.

Il ne cède pourtant pas au défaitisme: « L'humain est susceptible de faire grincer la machine » et de résister aux automatismes. Le transhumanisme est moins à redouter que le consentement à une « humanité maternée, couvée, téléguidée depuis des serveurs ». Ce n'est pas une société de contrôle que nous laissons se développer, mais plutôt un univers offert à une emprise sans fin ni auteur. On ne viendra pas à bout de cet assujettissement par de la régulation, comme le voudrait la Cnil, qui n'a pas d'autre objectif qu'une mesquine défense de la vie privée. La résistance à laquelle Éric Sadin en appelle exige une « éthique de l'action », une expérimentation plurielle, animée d'un esprit de convivialité et d'entraide.

JEAN-MICHEL BESNIER

SORBONNE UNIVERSITÉ

ÉTHOLOGIE-ÉCOLOGIE

LA CIGOGNE BLANCHE

Marc Duquet

Delachaux & Niestlé, 2018

240 pages, 28 euros

L'originalité de cet ouvrage sur la biologie, l'écologie et l'éthologie de la cigogne blanche tient à l'utilisation d'informations provenant à la fois de sources récentes et d'observations et anecdotes relatées par des ornithologues amateurs. On y apprend par exemple que les cigognes sont plus fidèles à leur nid qu'à leur partenaire, et que leur régime alimentaire est beaucoup plus éclectique qu'on ne le croyait jusqu'à présent.

La dimension internationale, fondée sur les connaissances relatives aux zones de reproduction et d'hivernage de cette espèce, est l'un des atouts de l'ouvrage. L'auteur présente les deux axes de migration empruntés par les cigognes blanches, connus par le baguage des oiseaux et qui sont désormais validés par l'utilisation de balises GPS. Le voyage de migration reste périlleux pour les cigognes, surtout pour les jeunes qui effectuent pour la première fois leur migration vers le Sud. La répartition européenne de l'espèce est décrite de façon très précise en tenant compte des variations périodiques des effectifs des derniers comptages, et cela en fonction des différentes sous-populations accompagnées de cartes et de graphiques. Les différents programmes de réintroduction et les menaces contemporaines qui persistent sur l'espèce sont aussi abordés. De nombreuses photos de cigognes prises dans différents pays lors de leur migration ou de leur reproduction illustrent de façon agréable le texte. Ainsi, cette monographie s'adresse à un vaste public curieux d'élargir ses connaissances sur ce magnifique oiseau mythique.

SYLVIE MASSEMIN

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

ANTHROPOLOGIE-ÉTHOLOGIE

HOMO CANIS, UNE HISTOIRE DES CHIENS ET DE L'HUMANITÉ

Laurent Testot

Payot, 2018

368 pages, 22 euros

L'auteur propose ici un point de vue surprenant consistant à lier l'histoire de l'homme à celle du chien. Les connaissances sur l'origine de notre espèce et celle du « meilleur ami de l'homme » ont beaucoup progressé ces dernières années, de sorte qu'il est apparu que l'histoire humaine et celle du chien sont étroitement liées. Nous pouvons désormais répondre à de vieilles questions qui apparaissaient sans solution à Charles Darwin ou à Konrad Lorenz : de quelle espèce sauvage dérive le chien ? Comment a-t-il été créé par nos ancêtres ? Quand ? Comment s'est déroulée cette histoire commune ?

Pour répondre, Laurent Testot fait parler les différents canidés : loup, renard et douze races de chiens présentent ainsi à tour de rôle leur point de vue... Une méthode amusante, qui rend le livre facile à lire malgré la profusion d'informations et d'anecdotes. Le résultat est un ouvrage de vulgarisation efficace, mais qui ne se prend pas au sérieux. Pour autant, il se situe dans la lignée des synthèses ambitieuses englobant l'ensemble des connaissances actuelles, comme celles de Yuval Harari (*Sapiens*) ou encore de Jared Diamond (*Effondrement*). Son originalité est de le faire avec humour à travers le chien, notre compagnon depuis bien plus longtemps que ne le sont les autres animaux domestiques.

PIERRE JOUVENTIN

ÉTHOLOGUE ÉMÉRITE AU CNRS

VULGARISATION

LA DRÔLE DE SCIENCE DES HUMAINS EN GUERRE

Mary Roach

Belin, 2018

320 pages, 23 euros

L'humour de l'« écrivaine scientifique la plus marrante des États-Unis » (sic) est vite lassant, mais son livre a néanmoins de l'intérêt. L'auteure a enquêté pour savoir non pas comment l'armée américaine tue ses ennemis (les recherches sur les armes sont résolument absentes du livre), mais comment elle limite les dégâts dans ses rangs. Les interventions au Moyen-Orient sont la principale source des expériences rapportées. L'auteure n'a pas reculé devant les horreurs, assistant à des exercices de transplantation d'organes sur des cadavres, ou décrivant en détail les blessures subies par les soldats et les exploits des chirurgiens qui reconstituent ce qui peut l'être.

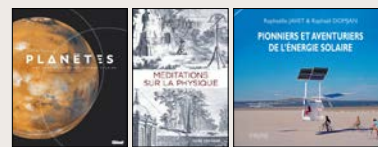
Le livre fourmille de reportages concrets, pas tous aussi terrifiants que ceux-là. Par exemple, il montre combien habiller des soldats est difficile. Il faut répondre à un tas d'exigences opposées. Pas de velcro, dont le bruit peut attirer l'attention. Les fermetures Éclair risquent de s'enrayer si le soldat a rampé dans du sable. Les boutons font mal s'il reste longtemps coincé dans une position où il appuie dessus. Il faut des tissus qui résistent à toutes sortes d'agressions – eau, feu, kérosène, abrasions, lavages répétés – et ne soient pas trop inconfortables. Leur couleur doit être propice au camouflage, mais sans absorber la chaleur du soleil du Moyen-Orient. Etc.

Sans état d'âme, Mary Roach décrit la recherche militaire comme elle en décrirait une autre. Préparer la guerre demande une rigueur et une inventivité toutes scientifiques. Et – comme en sciences ! – sont parfois explorées des pistes bizarres. Ainsi, la recherche (vaine jusqu'à présent...) d'une bombe puante capable de déstabiliser un état-major ennemi.

DIDIER NORDON

ESSAYISTE

ET AUSSI



PLANÈTES, AUX CONFINES DE NOTRE SYSTÈME SOLAIRE

Thorsten Dambeck

Glénat, 2018

192 pages, 35 euros

Chercheur indépendant et journaliste scientifique, l'auteur a suivi de près l'exploration du Système solaire. Outre ses huit planètes, il nous présente ici les petits corps et autres satellites remarquables à partir des résultats récents de la recherche. Les images sont belles, mais surtout commentées avec pertinence. Dans l'ensemble, ce beau livre, préfacé par Hubert Reeves, permet une promenade instructive dans l'ensemble du Système solaire, dans notre nid cosmique en quelque sorte.

MÉDITATIONS SUR LA PHYSIQUE

Cyril Verdet

CNRS Éditions, 2018

288 pages, 25 euros

Chercheur associé au laboratoire Syrte de l'Observatoire de Paris et professeur de physique au lycée Stanislas, l'auteur se livre ici à d'intéressantes réflexions sur les deux physiques : la physique empirique, qui « décrit aussi fidèlement que possible » et la physique théorique, dans laquelle, par la raison, on tente de formuler « la règle à laquelle tous les phénomènes sans exception sont censés se soumettre ». Plus ancrée dans le passé de la « philosophie naturelle » que dans son présent, sa pensée d'une remarquable clarté s'attache, en six étapes – l'abstraction, la mesure, la conservation, la loi, l'ordre déductif et la théorie – à caractériser la démarche du physicien.

PIONNIERS ET AVENTURIERS DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Raphaëlle Javet et Raphaël Domjan

Favre, 2018

136 pages, 24 euros

Les auteurs de ce livre font un point historique sur les voitures, les navires et les avions solaires. Conçu comme un catalogue illustré par des photographies des engins, leur livre aurait pu devenir ennuyeux si leur sujet n'était si passionnant. De petits textes bien envoyés expliquent les caractéristiques essentielles des appareils qui se sont succédé depuis que des pionniers – souvent suisses ces dernières années – travaillent à promouvoir la mobilité solaire.

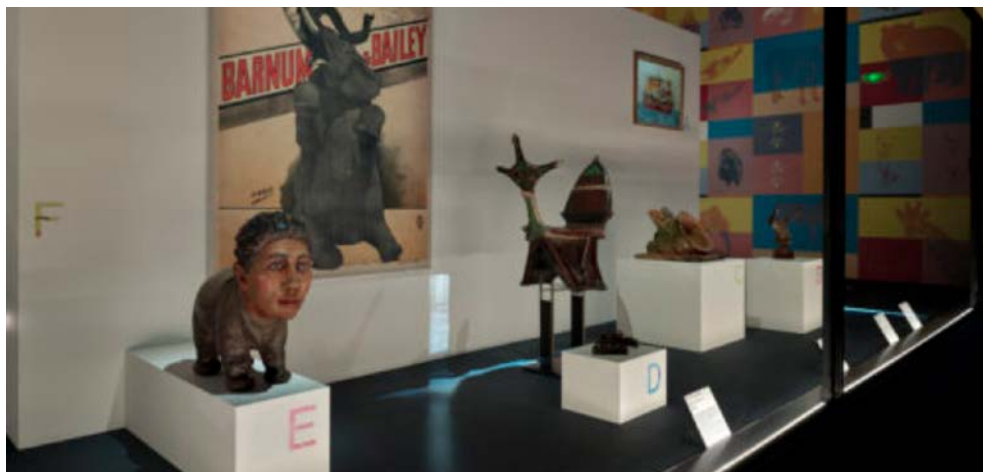
MARSEILLE

JUSQU'AU 4 MARS 2019

Mucem

www.mucem.org

Les animaux de A à Z



Depuis près d'un an, le Mucem consacre un nouvel espace à la présentation de ses propres collections, et cela prend la forme d'un thème dont 26 facettes sont montrées, de A à Z. Autrement dit, chaque lettre de l'alphabet est illustrée avec un ou plusieurs objets provenant des collections et des fonds d'archives du musée. Après l'amour, qui a inauguré la série, c'est le tour des animaux, qui occupent depuis toujours une grande place dans la vie et l'imaginaire des humains. Cette exposition explore le rapport entre homme et animal dans les sociétés

d'Europe et de Méditerranée en l'illustrant par une sélection de représentations ou d'objets servant à exploiter, piéger ou protéger les animaux. Par exemple, la lettre G est illustrée par l'image de la girafe offerte en 1827 au roi Charles X, cet animal exotique ayant suscité une immense curiosité et la mode de produits qu'on qualifierait aujourd'hui de dérivés. Autre exemple: un piège à rat pour la lettre R, ce rongeur étant un vieil ennemi de nos garde-manger ou silos. Un animal rusé, qui parvient à déjouer les pièges malgré leur ingéniosité. ■

PARIS

JUSQU'AU 5 JANVIER 2020

Cité des sciences et de l'industrie

www.cite-sciences.fr

Corps et sport



Une première partie de l'exposition propose des ateliers sportifs (gestes techniques, football, escalade...) où le visiteur teste sa réactivité, son endurance, sa précision, ses capacités de coordination ou de concentration... La seconde partie, moins interactive, aborde le sport comme phénomène social, la question des performances, l'aspect matériel, les liens avec la santé. ■

JUBLAINS (MAYENNE)

JUSQU'AU 22 AVRIL 2019

Musée archéologique départemental de Jublains

www.museedejublains.fr

Bronzorama



À travers de nombreux objets en bronze, des pièces de vaisselle en terre cuite, des parures en coquillages, etc., cette exposition offre un regard sur l'âge du Bronze (2300 à 800 avant notre ère) de la région Ouest (Pays de la Loire, Bretagne, Normandie). Un panorama sur l'habitat, les pratiques alimentaires, la vie quotidienne, l'artisanat, les pratiques funéraires. ■

ET AUSSI

Jeudi 10 janvier, 20 h 30

Espace des Sciences,
Les Champs Libres, Rennes
www.espace-sciences.org

VOYAGE AU PAYS DE LA LUMIÈRE

Le physicien Daniel Hennequin explique, expériences à l'appui, ce qu'est la lumière, par quels mécanismes elle est produite, ses usages...

Du 16 au 20 janvier

Théâtre La Reine Blanche,
Paris

www.reineblanche.com

RÊVES ET MOTIFS

À l'aide de ses techniques optiques, la compagnie Les Rémouleurs met en images des extraits de *Récoltes et Semailles*, texte foisonnant et étrange écrit par le grand mathématicien qu'était Alexandre Grothendieck.

Vendredi 18 janvier, 20 h 30

La Méridienne, Lunéville
lameridienne-luneville.fr

PARA DOXA

Fruit d'une collaboration entre le chorégraphe David Rolland et trois scientifiques, cette pièce entre danse, théâtre et mathématiques met en scène des problèmes de décision et des paradoxes.

Mercredi 23 janvier, 18 h 30

BnF (bibliothèque
François-Mitterrand), Paris
www.bnf.fr

DE NEWTON AUX COURANTS DE GRAVITÉ

Dans la série « Un texte, un mathématicien », une conférence d'Emmanuel Trélat qui nous fait voyager de la pomme de Newton jusqu'aux découvertes récentes sur des trajets quasi gratuits pour sondes spatiales.

Lundi 28 janvier, 15 h

Jardin des sciences, Palais
universitaire, Strasbourg
jardin-sciences.unistra.fr

LA LUMIÈRE BLEUE

Conférence de Virginie Laurent-Gydé, de l'Institut des neurosciences cellulaires et intégratives, sur la lumière « bleue » à laquelle nous sommes de plus en plus exposés et sur ses effets.

BORDEAUX

JUSQU'AU 3 MARS 2019
Musée des arts décoratifs et du design
www.madd-bordeaux.fr

Phénomènes



Un duo de jeunes designers, Marion Pinaffo et Raphaël Pluinage, a préparé pour cette exposition un ensemble d'expériences interactives par lesquelles le public peut se confronter à des phénomènes scientifiques et techniques mis en œuvre dans les objets du quotidien. Ces dispositifs mêlant design, technologie et pédagogie n'utilisent que des ingrédients simples tels que billes, carton, encres conductrices, gouttes d'eau, etc. Par exemple, le visiteur pourra manipuler trois des six jeux proposés par *Papier Machine n° 0* (photo ci-dessus), des assemblages en papier prédécoupé qui produisent des sons et qui permettent d'explorer le fonctionnement de capteurs électroniques. Des dispositifs ludiques pour démythifier une partie de la technologie moderne qui nous entoure. ■

PARIS

JUSQU'AU 7 JUILLET 2019
Musée des Arts et Métiers
www.arts-et-metiers.net

Sous la surface, les maths

Comment crée-t-on avec réalisme les paysages et personnages qui peuplent les jeux vidéo et autres dessins animés? Les mathématiques des surfaces sont pour ce faire un outil essentiel, auquel sont introduits les visiteurs de cette exposition (conçue par l'institut Henri-Poincaré à l'occasion du centenaire de la disparition du géomètre Gaston Darboux).

Au fil de leur parcours, les visiteurs pourront expérimenter les surfaces sous différentes formes. Des manipulations interactives leur permettront de comprendre les fractales en dessinant des arbres, de modéliser des objets



mous, d'engendrer diverses surfaces à l'aide de mouvements simples, de se familiariser avec les différentes représentations de la Terre. Et par des manipulations physiques, ils pourront appréhender des notions mathématiques telles que la normale à une surface, les lignes géodésiques (chemins les plus courts entre points d'une surface), les surfaces réglées (surfaces décrites par des familles de droites)... ■

SION (SUISSE)

JUSQU'AU 3 MARS 2019
Le Pénitencier
www.musees-valais.ch



Mémoire de glace

Avec le réchauffement climatique, les glaciers libèrent des vestiges piégés depuis des lustres et en très bon état de conservation. Une nouvelle discipline scientifique est ainsi née, l'archéologie glaciaire. Est présentée ici une sélection d'objets datant parfois de trois millénaires, qui racontent comment les hommes étaient équipés pour affronter la montagne, comment et où ils circulaient, quelles ressources naturelles (minérales ou animales) ils y exploitaient, comment ils sollicitaient la protection divine... ■

SORTIES DE TERRAIN

Vendredi 4 janvier, 17 h 30
Planétarium Ludiver,
La Hague
Tél. 02 33 78 13 80

LE CIEL AU TÉLESCOPE

Deux heures en compagnie d'animateurs pour observer cratères lunaires, planètes ou étoiles avec un télescope de 60 centimètres de diamètre.

Vendredi 11 janvier, 16 h
Réserve du Val d'Allier,
Auvergne
www.lpo-auvergne.org
Tél. 07 77 82 88 30

GRUES CENDRÉES DANS L'ALLIER

Deux heures de balade à la tombée de la nuit pour admirer le retour des grues cendrées à leur dortoir.

Samedi 12 janvier, 9 h
Balloy (Seine-et-Marne)
www.anvl.fr

OISEAUX DE LA BASSÉE

Une journée (avec déplacements en voiture) à la découverte des oiseaux de plusieurs sites de la Bassée, riche milieu naturel de la vallée de la Seine.

Samedi 19 janvier, 10 h
Biotopia,
Notre-Dame-de-Monts (85)
RAIE'COLTE

Participez à la science et au programme CapOeRa de suivi des poissons cartilagineux en récoltant, le temps d'une matinée, les capsules d'œufs de raie échouées sur le littoral.

Dimanche 20 janvier, 14 h 30
Yves (Charente-Maritime)
Tél. 05 46 56 41 76

LE MARAIS D'YVES

Une promenade de deux heures à la rencontre de la faune (les échassiers notamment) et de la flore de ce site composé de milieux très divers.

Samedi 26 janvier, 14 h 30
Ambon (Morbihan)
Tél. 06 25 58 17 39

LE MARAIS D'AMBON

Une sortie de deux heures et demie à la découverte de ce marais du Parc naturel du golfe du Morbihan et de sa faune ornithologique.



LA CHRONIQUE DE
GILLES DOWEK

LIMITER LA VITESSE DES VOITURES AUTONOMES?

Respect strict ou transgression exceptionnelle si une situation le justifie, il faut choisir les règles sur la limite de vitesse à programmer dans ces véhicules.



De nombreux projets de voitures autonomes (ici celle du constructeur Mercedes-Benz) sont en cours. Le choix des règles à intégrer dans le logiciel de ces véhicules est loin d'être évident.

Le logiciel d'une voiture autonome comprend un algorithme qui calcule le plus court chemin allant d'un point à un autre. Il est similaire à celui que nous utilisons déjà sur nos GPS, à la différence près que ses indications sont directement communiquées aux commandes de la voiture, sans l'intermédiaire d'un conducteur humain.

Il est naturel de penser que, dans un tel cas, l'algorithme respecte, par construction, les limitations de vitesse. Ainsi, sur une route limitée à 80 kilomètres par heure, il ne peut jamais dépasser cette vitesse. Le code de la route serait même partiellement inutile, puisque le code de l'algorithme exprimerait la même chose, dans un autre langage.

Mais ce raisonnement repose sur une confusion entre deux significations du verbe «pouvoir»: sa signification aléthique, selon laquelle rouler à plus de 80 kilomètres par heure est matériellement impossible, et sa signification déontique, selon laquelle cela est interdit. De nombreuses langues utilisent même des verbes

différents pour exprimer ces deux modalités: *can* et *may* en anglais, *können* et *dürfen* en allemand... Il y a, en effet, une grande différence entre l'impossibilité de franchir un mur en béton et l'interdiction de franchir une ligne blanche: si, sur une route déserte, un conducteur voit soudain un piéton, dix mètres devant son véhicule, il franchira sans doute une ligne blanche

L'application rigide des limites de vitesse se justifie par le fait qu'elle réduit le nombre d'accidents

pour l'éviter, même si cela est interdit; mais il ne franchira pas un mur en béton, car cela est impossible. Le propre d'une interdiction est donc qu'il est possible de la transgresser. Et que cela est même autorisé, voire obligatoire, face à un tel dilemme. L'interdiction: «Tu ne tueras point» est

plus impérative que: «Tu ne franchiras point la ligne blanche».

Dépasser la vitesse limite devrait-il donc, pour un véhicule autonome, être impossible ou interdit? Deux points de vue s'opposent ici.

Pour certains, dépasser la vitesse limite devrait être interdit, mais non impossible, de même que les voitures actuelles ne sont pas bridées de façon à respecter les limitations de vitesse, même si certaines alertent leur conducteur quand il les transgresse. Ainsi, il est facile d'imaginer des situations où un véhicule autonome devrait être autorisé à transgresser une limitation de vitesse: pour fuir un incendie qui se propage à 81 kilomètres par heure, pour accompagner un patient aux urgences, ou une future mère à la maternité, voire pour que son passager arrive à l'heure à un examen. Ainsi, les passagers d'un véhicule autonome déclareraient à l'algorithme de commande une situation de dilemme, dans laquelle ils estiment que les limitations de vitesse devraient être transgressées. Faute de quoi, l'algorithme, transformant une modalité déontique en une modalité aléthique, appliquerait le code de la route de façon trop intransigeante.

Pour d'autres, au contraire, cette application rigide se justifie par le fait qu'elle réduit statistiquement le nombre d'accidents: ces situations d'urgence sont finalement assez rares, alors que de nombreux accidents sont provoqués par des transgressions, plus ou moins justifiées, des limitations de vitesse.

Une résolution possible de cette controverse est d'imaginer un code de la route plus complexe que celui que nous connaissons, dans lequel la vitesse limite serait différente pour un véhicule conduisant un malade aux urgences, un candidat à un examen ou un spectateur au cinéma. Cette complexité permettrait de différencier ces situations sans, pour autant, nécessiter une transgression du code de la route. Elle rendrait ainsi l'application intransigeante de ce code moins insupportable. ■

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