

BIOLOGIE VÉGÉTALE

UNE DISPOSITION DES FEUILLES QUI DÉPEND DE LEUR ÂGE

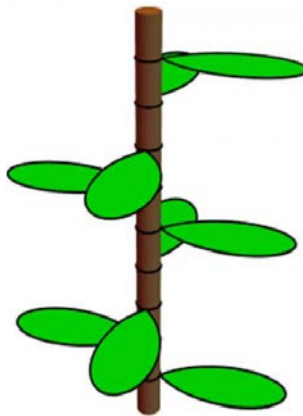
Des chercheurs japonais ont mis au point une nouvelle formule qui décrit et explique la plupart des motifs d'implantation des feuilles sur les tiges de plantes.

Gâce à leur diversité de formes, de couleurs, etc., les feuilles aident à identifier l'espèce à laquelle une plante appartient. Un autre indicateur est à prendre en compte : l'ordre dans lequel les feuilles s'insèrent sur la tige qui les supporte. Pourtant, la façon exacte par laquelle les plantes définissent l'agencement de leurs feuilles, ce que les botanistes nomment la phyllotaxie, n'est pas encore pleinement comprise. Dans une récente étude, Munetaka Sugiyama, de l'université de Tokyo, et son équipe ont proposé une nouvelle formule qui décrit l'agencement foliaire de la plupart des plantes.

Pour définir la phyllotaxie d'une plante, les botanistes mesurent l'angle qui sépare les feuilles, en remontant la tige de la feuille la plus âgée à la plus jeune. Cette méthode a permis, au fil des années, de dégager des motifs communs répandus qui se caractérisent par leur symétrie. Parmi eux, on trouve l'arrangement en intervalles de 90 degrés, en intervalles de 180 degrés, ou encore en spirales d'or (dont la progression est associée à la suite de Fibonacci, suite de nombres où chaque terme est la somme des deux précédents).

L'équipe de Munetaka Sugiyama s'est intéressée à *Orixa japonica*, un arbrisseau originaire du Japon, de la Chine et de la péninsule coréenne, qui présente une phyllotaxie particulière. En effet, les feuilles de cette plante sont séparées par une succession définie d'angles qui se répète : 180 degrés, 90 degrés, 180 degrés et 270 degrés, puis le motif se réinitialise et l'angle suivant est à nouveau de 180 degrés. Ce type d'arrangement se retrouve chez au moins quatre espèces de plantes non apparentées. Pour les botanistes, ce motif résulterait de la machinerie cellulaire à la disposition des plantes, mais comment expliquer que ce soit cette phyllotaxie qui se manifeste, plutôt qu'une autre plus fréquente ?

En 1996, Stéphane Douady et Yves Couder, physiciens à l'École normale supérieure, à Paris, ont proposé une formule mathématique qui modélise les différents arrangements foliaires. Ses diverses variables représentent la relation entre les organes des plantes ou encore la puissance de leurs signaux chimiques.



La plante *Orixa japonica* (en haut) présente une phyllotaxie rare (schématisée ci-dessus). Les feuilles sont disposées selon un motif angulaire qui se répète : en partant de la feuille du bas, on tourne de 180 degrés pour aller à la suivante, puis de 90 degrés, de 180 degrés, de 270 degrés, de nouveau 180 degrés, et ainsi de suite.

Cependant, la formule est insuffisante pour reproduire un motif comme celui d'*Orixa japonica*. L'un des postulats utilisés pour obtenir cette formule stipule que chaque feuille émet un signal constant qui inhibe la croissance d'autres feuilles à proximité. Dans son étude, l'équipe japonaise prend en compte le fait que la puissance de ce signal chimique n'est pas constante, mais qu'elle varie avec l'âge. Pour tester cette idée, ils ont changé dans une simulation le potentiel inhibiteur de ce signal en fonction de l'âge et ont remarqué que la formule ainsi modifiée était capable de modéliser le motif particulier d'*Orixa japonica* lorsque les feuilles les plus âgées émettaient un signal chimique inhibiteur plus puissant.

Avec cette nouvelle formule, notée EDC2 pour *expanded Douady and Couder 2*, les chercheurs ont modélisé des milliers de motifs d'arrangements foliaires et ont remarqué que l'équation produisait plus fréquemment les motifs qui sont les plus communs dans la nature, et plus rarement des cas comme celui d'*Orixa japonica*. Néanmoins, certains motifs phyllotaxiques rares échappent encore à EDC2. Les botanistes s'attendent donc désormais à concevoir une formule qui sera capable d'englober l'ensemble des motifs connus. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

T. Yonekura et al., *PLoS Computational Biology*, en ligne le 6 juin 2019

THOMAS EBBESEN RÉCOMPENSÉ

Professeur à l'université de Strasbourg, le physico-chimiste franco-norvégien Thomas Ebbesen vient de recevoir la médaille d'or du CNRS pour ses travaux en nanosciences. Ses activités de recherche se distinguent notamment par leur dimension interdisciplinaire.

Plusieurs de ses découvertes ont marqué les nanosciences. Par exemple, en 1992, il a développé une méthode de synthèse à grande échelle de nanotubes de carbone. En 1998, il a décrit pour la première fois la transmission extraordinaire, un phénomène optique où la lumière passe avec une grande efficacité par un réseau de trous de taille plus petite que la longueur d'onde lumineuse. Cette découverte a eu de nombreuses applications, de la chimie à l'optoélectronique. Actuellement, il s'intéresse à la physique et à la chimie de systèmes hybrides matière-lumière. Une carrière riche, à n'en pas douter. ■

S. B.

PALÉONTOLOGIE

UN ÉTRANGE LOUP À MUFLE D'OURS

Un chasseur d'ivoire a découvert dans le pergélisol de Yakoutie une étrange tête de loup parfaitement conservée et vieille de quelque 40 000 ans. Puisque l'Alaska était alors relié à la Sibérie par un pont terrestre, il pourrait s'agir d'un spécimen de *Canis dirus*, un loup robuste, différent du loup commun, qui hantait l'Amérique au Paléolithique. Ce n'est pourtant pas ce que pense Albert Protopopov, de l'Académie des sciences de la république de Sakha (Yakoutie), qui coordonne l'étude de la trouvaille. En effet, selon Love Dalén, du Muséum d'histoire naturelle de Stockholm, chercheur qui va étudier l'ADN de l'animal, «une lignée apparentée au loup actuel (*Canis lupus*), mais distincte, vivait dans l'hémisphère Nord pendant la dernière période glaciaire. Légèrement plus gros que le loup actuel, ces animaux étaient aussi dotés de mâchoires plus robustes.» De fait, la gueule du loup yakoute découvert fait davantage penser au mufle d'un ours qu'à celui, triangulaire et pointu, d'un loup actuel. ■

F. S.

Siberian Times, 12 juin 2019,
<https://bit.ly/2wRbLzA>

ÉVOLUTION

L'ARBRE DES PARESSEUX REVISITÉ



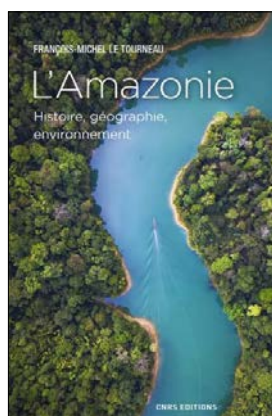
Les paresseux actuels, petits mammifères arboricoles, ont eu des parents géants vivant au sol et aujourd'hui disparus. L'étude de la morphologie seule ne permet pas de construire l'arbre de parenté de ces espèces. L'ADN vient de parler!

Tout le monde connaît les paresseux, ces mammifères arboricoles d'Amérique du Sud qui se déplacent avec lenteur et passent le plus clair de leur temps suspendus à l'envers dans les arbres. Fait surprenant, ces petits animaux nonchalants sont apparentés à d'immenses ancêtres, de taille proche de celle des éléphants, au mode de vie terrestre, comme le paresseux géant *Megatherium*. Au vu de leurs différences anatomiques, les scientifiques ont longtemps pensé que les paresseux modernes, habitant dans les arbres, avaient évolué indépendamment de leurs lointains parents qui vivaient au sol. Cette conception est remise en question par de nouveaux résultats.

Frédéric Delsuc, de l'université de Montpellier, et ses collègues ont séquencé l'ADN mitochondrial de dix spécimens fossiles représentant six genres de paresseux terrestres aujourd'hui éteints: *Megatherium*, *Megalonyx*, *Nothrotheriops*, *Myiodon*, *Acratocnus* et *Parocnus*. Ils ont comparé ces données avec l'ADN des paresseux modernes, représentés par le genre *Choloepus* (les espèces dotées de deux doigts), et le genre *Bradypus* (les espèces à trois doigts). Résultat: les paléogénéticiens ont été surpris de découvrir que le genre *Bradypus*, que les études morphologiques considéraient comme une lignée évolutive distincte des autres paresseux, appartient en fait à un groupe réunissant des paresseux terrestres éteints, dont le géant *Megatherium*. Plus surprenant encore: les paresseux des Caraïbes *Acratocnus* et *Parocnus*, qui étaient considérés comme des proches parents des paresseux à deux doigts actuels, constituent en fait une troisième grande lignée de paresseux. Ces résultats soulignent que l'analyse de l'ADN indique parfois des arbres de parenté différents de ceux déduits uniquement à partir de critères morphologiques et anatomiques. ■

W. R.-P.

F. Delsuc et al., *Current Biology*,
vol. 29(12), pp. 2031-2042, 2019



ÉCOLOGIE-GÉOGRAPHIE

**L'AMAZONIE :
HISTOIRE, GÉOGRAPHIE,
ENVIRONNEMENT**

François-Michel Le Tourneau
CNRS Éditions, 2019
528 pages, 27 euros

Les livres sur l'Amazonie en français sont si rares que chaque nouvelle parution est une perle. Cette somme académique est proposée par un auteur qui connaît bien l'Amazonie brésilienne pour l'avoir souvent parcourue. Après un survol de l'environnement et de l'histoire ancienne de cette région, le texte s'étend amplement sur les récents problèmes socioéconomiques, politiques ou écologiques, offrant une synthèse claire et efficace de la situation actuelle. Un véritable manuel de géographie de cette immense région équatoriale en résulte.

Y sont dévoilés les contresens les plus néfastes mis en place depuis des siècles par des politiques inadéquates de gestion, ou plutôt d'exploitation, de ce biotope dynamique mais fragile, aujourd'hui en grand péril. L'équilibre même de l'écosystème amazonien frôle son point de rupture, sans que le Brésil ne semble vouloir freiner sa politique ultralibérale désastreuse. Bien au contraire, le nouveau président Jair Bolsonaro a exprimé sa volonté d'intensifier la déforestation pour la grande joie des lobbies agroalimentaires. Des thèmes moins rebattus sont toutefois également abordés, par exemple l'exode rural accompagné d'une urbanisation exponentielle de la jungle. Les grandes villes tendent ainsi à devenir des mégapoles sylvicoles. Qui aurait soupçonné, au regard de la déforestation massive, que l'Amazonie souffrirait d'une désertion rurale ?

La question : « L'Amazonie est-elle encore une "frontière" ? » est posée en conclusion. On peut dire que la réponse est « oui » pour le géographe, puisqu'il s'en tient aux limites géopolitiques actuelles du Brésil, ignorant les huit autres pays amazoniens, point de vue qui n'empêchera pas cette somme de devenir une référence incontournable.

STÉPHEN ROSTAIN

CNRS, LABORATOIRE ARHÉOLOGIE DES AMÉRIQUES



NEUROSCIENCES

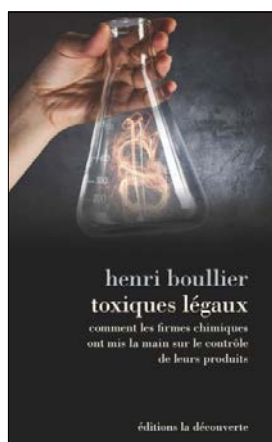
LE BUG HUMAIN

Sébastien Bohler
Robert Laffont, 2019
270 pages, 20 euros

Réchauffement climatique, surexploitation de la planète... Nous en avons conscience, mais pourquoi ne parvenons-nous pas à réagir ? Parce que notre comportement est principalement déterminé par le striatum, non par la raison, écrit Sébastien Bohler. Voilà qui choquera bien des philosophes ! Mais l'auteur s'explique. Le striatum, structure nerveuse dans le cerveau, est inondé de dopamine lorsque nous éprouvons un plaisir. La dopamine accentue le plaisir, ce qui nous incite puissamment à renouveler les expériences agréables. Celles-ci relèvent de cinq types : manger, se reproduire, acquérir du pouvoir, minimiser les efforts, nous informer sur notre environnement. Développer ces aptitudes était vital lorsque l'espèce humaine, éparse, habitait un monde de rareté, si bien que la sélection a privilégié les individus au striatum le plus performant. Celui-ci nous pousse à vouloir toujours plus. Or, depuis qu'une grande part de l'humanité vit dans l'abondance, la raison serait de résister à une telle injonction. Dans un monde de nourriture rare, manger le plus possible quand l'occasion se présentait était utile ; dans un monde d'abondance, c'est néfaste. Lorsque les hommes vivaient en petits groupes, une hiérarchie était nécessaire pour organiser la chasse ; aujourd'hui, la volonté d'être dominant multiplie les conflits. Tous les penchants que, au cours des âges, le striatum a récompensés, donc renforcés, jouent désormais contre l'humanité. Comme la sélection a fait survivre les individus au striatum le plus impérieux, nous sommes incapables de lui résister. C'est le « bug humain ».

Notre obéissance au striatum est inconsciente. Un premier pas pour se dégager de son emprise et répondre aux défis environnementaux est donc d'amener ses injonctions à la conscience.

DIDIER NORDON
ESSAYISTE



LA PRODIGIEUSE HISTOIRE DU NOM DES ÉLÉMENTS

Pierre Avenas

SCF-EDP Sciences, 2019
272 pages, 19 euros

Publié à l'occasion de l'année internationale du tableau des éléments, décrétée par l'Unesco, ce petit livre jubilatoire offre nombre d'histoires à tiroirs, et de rebondissement en rebondissement, des liens inattendus se créent. Chaque chapitre est une enquête où l'auteur décortique un nom, ses dérivés et ses successeurs. Que ce soit sur les éléments des anciens, le quinquina, le polystyrène ou l'oganesson, l'élément 118 nommé d'après son découvreur russe en 2015, les détours se font dans des rebonds élégamment introduits.

Voilà un auteur qui fait de la science sans vouloir paraître savant, mais qui jamais ne lasse le lecteur, nous dirions l'auditeur, car ce livre abondamment illustré en couleurs s'entend autant qu'il se lit. Et chacun peut apprendre en se divertissant.

Donnons quelques exemples. Ainsi l'ammoniac, le dieu Amon, la gomme ammoniacale et les ammonites ont des liens de parenté insoupçonnés : tout part d'un temple de l'Égypte ancienne à la frontière de la Lybie. Prenons encore le salpêtre ou sel de pierre utilisé pour la poudre à canon, le sal ou sel de mer de Pliny l'Ancien qui a donné salaire, le nitrum ou sel de terre, qui permettait de fabriquer du verre, devenu natron dérivant de l'arabe natrūn, qui n'est autre que le carbonate de sodium.

Des alcalis obtenus par combustion, comme le soda des végétaux marins ou le kali des végétaux terrestres, trois noms d'origine arabe ont donné le symbole K du potassium, dont le nom dérive de *pot ashes*, cendres du pot, et le sodium de symbole Na dont natron est l'origine. Les lutins, ou kobolds, hantant les mines ont donné le cobalt, et les nains Querg ou Zwerg ont donné le quartz ou le cristal de roche... Le ruban se défile sans fin pour la joie du lecteur ou de la lectrice. Un ouvrage qui réconcilie avec les jours tristes et fait briller les jours gais !

DANIELLE FAUQUE
GHDSO, UNIVERSITÉ PARIS-SUD

TOXIQUES LÉGAUX

Henri Boullier

La Découverte, 2019
200 pages, 19 euros

Nous vivons dans un univers toxique. De très nombreuses molécules de synthèse font partie de notre quotidien, car elles entrent dans la composition des vêtements, des jouets, des cosmétiques, des produits d'entretien et de multiples produits manufacturés d'usage courant. Malgré l'adoption en 2006 du règlement européen Reach, pesticides et perturbateurs endocriniens sont toujours présents dans notre environnement immédiat. Leur légitime interdiction est en effet quasiment toujours assortie de dérogations pour « usages spécifiques » qui permettent aux industriels de fabriquer et de commercialiser des molécules dangereuses, exposant ainsi la population à des effets cancérigènes, mutagènes et à des pathologies de la reproduction.

Comment une telle situation a-t-elle pu se pérenniser ? Ce livre rend compte de la minutieuse enquête d'un sociologue, portant sur trois produits choisis parmi plus de 100 000 toxiques connus et présents dans notre environnement : les phtalates (DEHP), le trichloréthylène et le sulfate de nickel.

L'auteur y dresse un réquisitoire sévère à l'encontre des États, aussi bien aux États-Unis qu'en Europe. Il montre comment Reach a organisé, de fait, le maintien de ces toxiques sur le marché en déléguant la fabrique de l'expertise aux industriels eux-mêmes. La puissance publique se révèle ainsi incapable, malgré une réglementation contraignante, de s'opposer aux lobbies de la chimie, qui minimisent les risques d'exposition et exercent, grâce à des données insuffisantes, confuses et obsolètes, un chantage aux potentielles retombées économiques et sociales délétères en cas d'interdiction.

En décortiquant les ressorts de cette impuissance administrative et de ce désengagement de l'État, ce livre contribue à la remise en cause de pratiques perverses.

BERNARD SCHMITT
CERNH, L'ORIENT



LES TEMPS GÉOLOGIQUES

Frédéric Simien

BRGM Éditions, 2019
108 pages, 15 euros

Le géochimiste et responsable des Éditions du BRGM nous offre un petit livre efficace d'introduction aux temps géologiques. Dans cet ouvrage sans prétention, joliment illustré, il passe en revue les grandes ères en commençant par... la naissance de l'Univers et celle du Système solaire. Un chapitre d'histoire résume la construction de l'échelle des temps géologiques. Les principaux marqueurs fauniques ou géologiques de chaque période sont présentés. La période actuelle, caractérisée par une emprise géologique humaine, est brièvement abordée à la fin de l'ouvrage.

QU'EST-CE QUE LA GRAVITÉ ?

Étienne Klein, Philippe Brax
et Pierre Vanhove (dir.)

Dunod, 2019
224 pages, 18,90 euros

Les directeurs de cet ouvrage ont souhaité faire le point sur les réflexions relatives à la gravitation. Ce « plus grand défi de la physique », comme le proclame le sous-titre, a suscité la théorie newtonnienne, dont la limitation a conduit à la théorie einsteinienne, en contradiction avec la théorie quantique. Puis, depuis la fin du ^{xx}e siècle, matière noire et énergie noire sont entrées dans le tableau... de notre ignorance. Car, ce que nous apprend ce livre, c'est avant tout qu'il n'y a pas encore de réponse à la question posée par son titre !

OBJETS ET STRUCTURES GÉOLOGIQUES EN TROIS DIMENSIONS

Dominique Frizon de Lamotte et al.

Dunod, 2019
192 pages, 24 euros

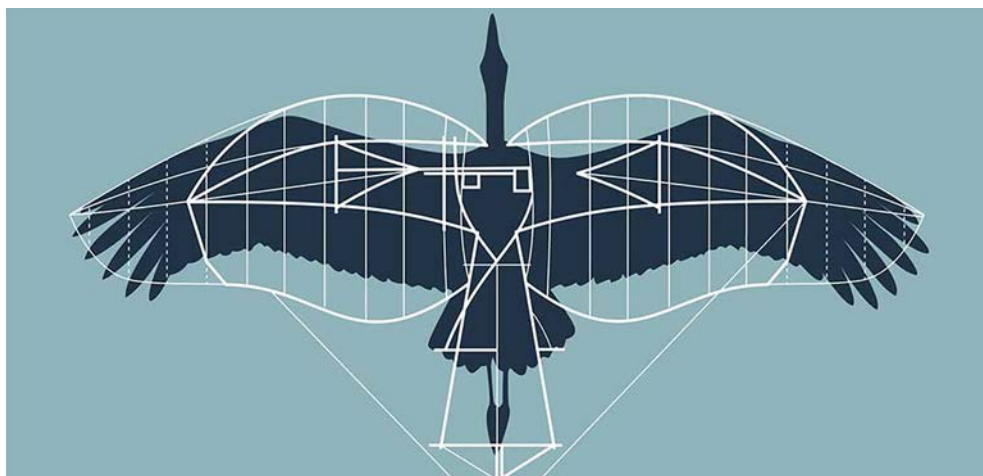
Strates, couches, horizons... Dans une première acception, les structures géologiques sont bidimensionnelles. En réalité, il est question en géologie de failles, de fenêtres, de glissements, de discordance, de synclinaux, de vergence... Bref, le géologue doit savoir penser et décrire les structures qu'il rencontre ou étudie en trois dimensions. Voici un merveilleux manuel très bien illustré pour apprendre comment faire. Ses auteurs y présentent les principales structures géologiques tridimensionnelles, comment les dater et comment les décrire.

MONTBÉLIARD

JUSQU'AU 5 JANVIER 2020

Musée du château des ducs de Wurtemberg
www.montbeliard.fr

OVNI, objets volants naturellement inspirés



Chute ralentie, vol plané, vol battu : certains éléments végétaux, comme les graines de pissenlit ou d'érable, et plusieurs groupes d'animaux pratiquent l'une ou l'autre de ces formes de vol. L'homme a depuis longtemps tenté de les imiter. Ces tentatives se sont développées au XIX^e siècle, et l'exposition présente, après une première partie consacrée à la diversité du vol dans la nature, des maquettes des objets volants inspirés des

animaux et proposés à l'époque, comme le planeur de Derwitz ou l'Éole, de Clément Ader.

Une troisième partie est consacrée à l'innovation bio-inspirée dans ce domaine. Les visiteurs trouveront là des exemples de réalisations actuelles, avec des prototypes de minirobots volants ne mesurant que quelques centimètres et ne pesant que quelques grammes : le drone Libellule de la société bisontine SilMach, ceux de l'entreprise allemande Festo, le XTim... ■

ROUEN

JUSQU'AU 20 OCTOBRE 2019

Muséum d'histoire naturelle, Rouen
<https://museumderouen.fr>

Wildlife Photographer of the year



Les plus belles images de ce célèbre concours de photographies de nature, organisé par le Muséum d'histoire naturelle de Londres, sont présentées sur plus de cent panneaux rétroéclairés – un format inédit en France. L'exposition est également visible dans un autre musée, proche de Rouen, la Fabrique des savoirs, à Elbeuf. ■

FIGEAC (LOT)

JUSQU'AU 29 SEPTEMBRE 2019

Musée Champollion
www.musee-champollion.fr

Égypte, premières impressions



Cette exposition présente des clichés provenant d'une collection privée et pris en Égypte dans les années 1850-1880, juste après l'invention de la photographie. Ils illustrent les sites archéologiques tels qu'ils ont été découverts par les premiers archéologues. Des objets provenant des fouilles de l'époque les accompagnent. ■

ET AUSSI

Du 2 au 9 août
Fleurance (Gers)
festival-astronomie.fr

FESTIVAL D'ASTRONOMIE DE FLEURANCE

La 29^e édition de ce festival désormais bien connu propose, entre maintes autres animations, un cycle de conférences sur la Lune, 50^e anniversaire de la mission Polo 11 oblige.

Jusqu'au 14 août
Espace Mendès-France, Poitiers
www.emf.fr

SAUTER, TOUTE UNE SCIENCE !

Explications, expériences ou plateformes de force font comprendre comment les basketteurs et autres grands sportifs du saut réalisent leurs prouesses.

Lundi 26 août, 17 h
Jardin du Lautaret, Villar-d'Arène (05)
jardinalpindulautaret.fr

REPRÉSENTATIONS MATHÉMATIQUES DE LA NATURE

Marc Ohlmann, doctorant au Laboratoire d'écologie alpine, explique l'intérêt, notamment pour les politiques de conservation, de la modélisation mathématique de la biodiversité.

Jusqu'au 29 août
Abbaye de Silvacane, La Roque-d'Anthéron (13)
www.artinresearch.com

IMAGES D'AIR

Galerie d'art originale dédiée à la photographie scientifique, AiR - Art in Research (l'anglais, c'est tellement mieux...) expose dans ce beau lieu 27 tirages de superbes photos prises par des chercheurs.

Jusqu'au 8 septembre
Pavillon des sciences, Montbéliard
pavillon-sciences.com

MILLE MILLIARDS DE FOURMIS

Cette petite exposition montre comment l'anatomie, l'organisation sociale et les remarquables comportements collectifs ont assuré le succès des quelque 12 000 espèces connues de fourmis.

NÎMES

JUSQU'AU 6 OCTOBRE 2019

Musée de la Romanité

www.museedelaromanite.fr

Pompéi, un récit oublié



Le 24 août (ou octobre?) de l'an 79, le Vésuve entrait en éruption. Quelques heures plus tard, Pompéi et Herculaneum étaient ensevelis. Depuis la base navale de Misène, Pline l'Ancien observa la catastrophe et décida d'envoyer des navires pour sauver les habitants de Pompéi. L'exposition revient sur cet épisode méconnu, considéré aujourd'hui comme le premier cas documenté de sauvetage de civils entrepris par une force militaire. Elle raconte le drame à travers les yeux de Pline l'Ancien, à l'aide de plus de 250 objets archéologiques, de reconstitutions, de décors, de dispositifs multimédias interactifs... ■

PARIS

JUSQU'AU 10 NOVEMBRE 2019

Fondation Cartier pour l'art contemporain

www.fondationcartier.com

Nous les arbres

Le végétal est dans l'air du temps, notamment grâce aux succès de librairie qui mettent en exergue les découvertes botaniques récentes, interprétées par certains comme la révélation d'une «intelligence des plantes». En écho avec le nouveau regard porté par la science et le grand public sur le monde végétal, et en particulier les arbres, la fondation Cartier présente une exposition qui croise les regards des scientifiques et des artistes sur les arbres et leurs relations avec les humains.

L'exposition déroule trois fils narratifs: la connaissance des arbres, leur esthétique et leur



dévastation. Les visiteurs pourront voir plusieurs ensembles de dessins, peintures, photographies, films et installations d'artistes de provenances variées – Amérique latine, Europe, États-Unis, Iran, communautés indigènes d'Amazonie... Certaines des œuvres présentées, comme les planches du botaniste voyageur Francis Hallé, ont pour auteurs ou coauteurs des scientifiques. ■

TOULOUSE

EXPOSITION

SEMI-PERMANENTE

Muséum de Toulouse

www.museum.toulouse.fr



Oka Amazonie

Cette exposition fait partie des événements organisés par le muséum de Toulouse autour de l'Amazonie, à l'occasion de l'Année internationale des langues des peuples autochtones que l'Unesco a décrétée pour 2019. Elle présente, autour d'une soixantaine d'objets traditionnels (vanneries, poteries...), la vie des Amérindiens dans la forêt amazonienne. Une vie en relation étroite avec la nature, mais confrontée à une modernité qui met en péril les coutumes, les langues et le savoir-faire des peuples autochtones. ■

SORTIES DE TERRAIN

Dimanches d'août et septembre, 14 h
Sentheim (Haut-Rhin)
Tél. 06 47 29 16 20

www.geologie-alsace.fr

SENTIER GÉOLOGIQUE DE SENTHEIM

Excursion de près de 4 heures sur 5-6 kilomètres pour retracer 340 millions d'années d'histoire géologique d'un site d'intérêt international.

Jeudi 8 août, 14 h 30
Briouze (Orne)

Tél. 02 33 62 34 65

randonnee-normandie.com

VOLTIGE EN EAUX TROUBLES

Une balade de deux heures dans le marais du Grand Hazé, entre mare et rivière, pour découvrir les libellules et les demoiselles.

Jeudis 1, 8 et 22 août, 18 h
Saint-Michel-en-Brenne
Tél. 02 54 28 12 13

parc-naturel-brenne.fr

LA RÉSERVE DE CHÉRINE

La réserve naturelle nationale de Chérine, dans la Brenne, comporte des étangs, des prairies, des landes, des bois... Cette animation, en petit groupe de 8 personnes, offre le privilège d'y pénétrer au cœur et de rencontrer une partie de sa faune.

Samedi 24 août, à 8 h
Près de Plan-d'Aups (Var)
Tél. 04 42 20 03 83

www.cen-paca.org

SUR LA PISTE DU GUIGNARD D'EURASIE

Sur les crêtes du massif de Sainte-Baume, une sortie à la journée pour bons marcheurs à la rencontre de cet oiseau rare mais peu farouche, ainsi que d'autres membres de la gent ailée.

Samedi 24 août, le soir
Domaine de Montauger, Essonne

Tél. 01 60 91 97 34

montauger.essonne.fr

NUIT INTERNATIONALE DE LA CHAUVE-SOURIS

C'est la 23^e nuit de ce nom. Comme pour les autres, c'est l'occasion de mieux connaître ces mammifères volants en allant sur le terrain.

LA CHRONIQUE DE
GILLES DOWEK

DES ALGORITHMES INSTINCTIFS

Les algorithmes d'apprentissage automatique suscitent une révolution en informatique. Mais il est difficile d'« expliquer » pourquoi un algorithme de ce type donne tel ou tel résultat.



Jean-Michel Basquiat, artiste new-yorkais iconique des années 1980, a laissé une œuvre unique, que l'on reconnaît en un coup d'œil sans y penser. C'est cet « instinct » que reproduisent les algorithmes d'apprentissage profond.

L'adjectif « instinctif » fait partie de ces mots du langage courant que tout le monde comprend mais que personne ne sait définir avec rigueur et qui sont, de ce fait, souvent écartés du vocabulaire scientifique. Pourtant, le développement des algorithmes d'apprentissage automatique (*machine learning*) pourrait nous inciter à donner une seconde vie à cet adjectif.

Pour comprendre pourquoi, faisons une expérience: choisissons deux peintres, par exemple Ambrogio Lorenzetti et Jean-Michel Basquiat, et montrons à un groupe d'enfants deux tableaux de chacun de ces artistes, en leur indiquant à chaque fois qui en est l'auteur. Soumettons-leur ensuite un cinquième tableau et demandons-leur de l'attribuer à un peintre ou à l'autre. Il est probable qu'ils trouvent aussitôt la réponse. Demandons-leur ensuite comment ils ont fait ou, ce qui revient au même, de décrire la méthode qui permet d'attribuer une œuvre à un peintre

ou à un autre. Il est probable qu'ils restent muets.

Cette situation est à comparer avec cette autre: demandons aux mêmes enfants d'additionner les nombres 98 et 99. Non seulement ils trouveront le résultat, mais ils sauront expliquer comment ils ont fait: ils ont ajouté le 8 et le 9, posé le 7, retenu le 1, etc.

Nous ne savons pas programmer un ordinateur pour qu'il distingue un chat d'un chien

Ces deux situations sont très différentes. Dans le cas de l'opération arithmétique, la résolution du problème est consciente – les enfants savent comment ils ont fait. Dans celui de l'attribution d'un tableau, elle est inconsciente – ils ne savent pas comment ils ont fait. De plus,

pour effectuer l'addition, les enfants ont manipulé des symboles: 8, 9, 7, 1... Il semble que ce ne soit pas le cas lorsque nous attribuons un tableau à un peintre – et s'il y a des symboles, nous ne savons pas lesquels.

Pendant longtemps, cette différence a été à l'origine d'un paradoxe: nous savions programmer un ordinateur pour qu'il additionne deux nombres d'un million de chiffres – ce qui, pour un être humain, est très difficile –, mais nous ignorions comment programmer un ordinateur pour qu'il distingue un chien d'un chat – ce qui, pour un être humain, est très facile.

Les algorithmes d'apprentissage automatique ont résolu ce paradoxe. Une méthode parmi d'autres pour distinguer les œuvres de Lorenzetti et de Basquiat consiste à définir une « distance » entre les images, c'est-à-dire d'associer, à chaque paire d'images, un nombre d'autant plus grand que les images sont différentes. Pour attribuer tel tableau à un peintre, il suffit de calculer sa distance à toutes les œuvres de Lorenzetti et à toutes les œuvres de Basquiat d'une base de données: si le tableau est statistiquement plus proche des œuvres de Basquiat, il a de grandes chances d'avoir été réalisé par l'artiste new-yorkais.

Ces algorithmes ne manipulent pas de symboles, sinon les chiffres qui expriment les nombres mesurant les distances, et, comme les enfants de l'expérience ci-avant, nous avons du mal à expliquer pourquoi ces programmes attribuent une œuvre à un peintre plutôt qu'à un autre. Ils apportent un argument statistique, mais ils ne sont pas en mesure de justifier leur résultat.

Nous avons sans doute besoin d'un adjectif pour qualifier ces algorithmes non symboliques et non conscients, afin de les distinguer des autres, tel l'algorithme de l'addition. Or, il existe en français un adjectif qui qualifie les impulsions souvent irraisonnées qui déterminent nos actes: l'adjectif « instinctif ». ■

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