

ASTROPHYSIQUE

LA SPECTROSCOPIE DES TROUS NOIRS EST NÉE

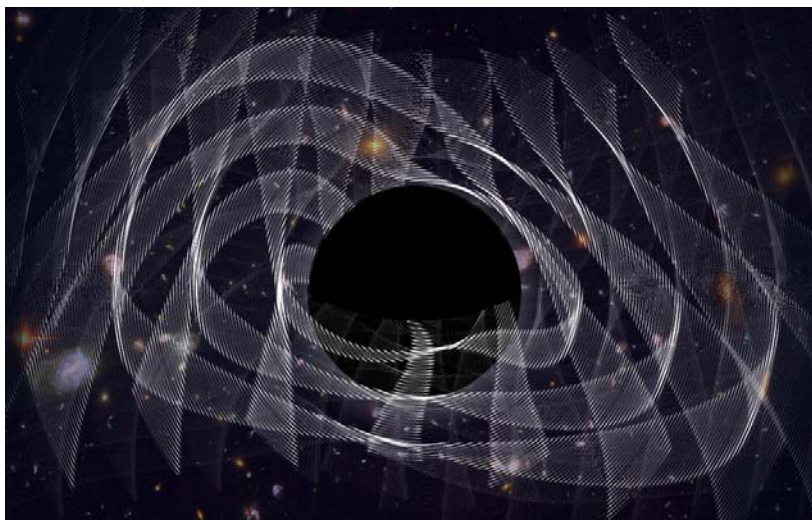
En analysant les ondes gravitationnelles émises par un trou noir en vibration, une équipe d'astrophysiciens a pu déterminer les caractéristiques de l'astre.

Le 14 septembre 2015, l'interféromètre laser géant *Ligo*, aux États-Unis, a enregistré pour la première fois un signal d'ondes gravitationnelles, ces vibrations de l'espace-temps prévues par la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein. La collaboration internationale *Ligo-Virgo* a montré que ce signal, noté GW150914, provenait de la fusion de deux trous noirs qui ont donné naissance à un nouveau trou noir plus massif. Ce dernier, étant très déformé, s'est mis à vibrer pendant une brève phase de transition de façon à réorganiser sa structure, une phase nommée *ringdown*. Le système émet des ondes gravitationnelles pendant tout le processus de coalescence. Mais il était difficile d'isoler celles correspondant à ces vibrations finales. Avec ses collègues, Maximiliano Isi, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts) et de la collaboration *Ligo*, a proposé une nouvelle méthode pour isoler ces signaux.

À l'image d'une cloche, le trou noir en vibration émet un ensemble d'ondes gravitationnelles qui s'amortissent très vite et qui présentent un spectre spécifique de fréquences, nommées modes quasi normaux (chacun correspondant à un mode de vibration du trou noir). Or l'analyse de ce spectre est intéressante car on peut en déduire les caractéristiques du trou noir : sa masse et son moment cinétique, voire sa charge électrique (*a priori* négligeable pour un objet astrophysique). On parle alors de spectroscopie des trous noirs, à l'instar de la spectroscopie du rayonnement électromagnétique des atomes qui permet de déterminer les propriétés de ceux-ci.

Lors de la détection de GW150914, la collaboration *Ligo-Virgo* avait présenté des indices de la détection du mode quasi normal fondamental, le plus intense. Mais on pensait que les harmoniques (les modes de fréquence supérieure, ou *overtones*) étaient trop faibles pour être détectés. Pire, pour garantir un signal pur correspondant uniquement au *ringdown*, la collaboration *Ligo-Virgo* avait choisi d'analyser seulement les données enregistrées bien après le pic correspondant à la collision (et donc déjà très amorties).

Maximiliano Isi et ses collègues ont repris les données de GW150914 et ont développé une nouvelle technique pour isoler les modes quasi normaux juste après le pic. En identifiant



Lorsque deux trous noirs fusionnent, le nouveau trou noir formé vibre très brièvement et émet des ondes gravitationnelles, que l'on a réussi à isoler de celles émises lors de la collision.

3

C'EST, EXPRIMÉE EN MASSES SOLAIRES, L'ÉNERGIE QUI A ÉTÉ ÉMISE LORS DE LA COALESCENCE GW150914. LES DEUX TROUS NOIRS PRÉCURSEURS AVAIENT UNE MASSE DE 29 ET 36 FOIS CELLE DU SOLEIL, LE TROU NOIR RÉSULTANT NE FAISANT QUE 62 MASSES SOLAIRES.

ainsi le mode fondamental et un *overtone*, ils ont pu reconstruire une partie du signal du *ringdown* pour l'analyser – et calculer les propriétés du trou noir, qui se révèlent en accord avec celles déduites de *Ligo-Virgo* et de la relativité générale.

« Sans pour autant minimiser l'importance des travaux antérieurs, on peut dire que cette étude marque réellement la naissance de la spectroscopie expérimentale des trous noirs. C'est très enthousiasmant, car nous attendons de plus en plus de signaux, et de meilleure qualité, dans un avenir proche », souligne Olivier Minazzoli, du centre scientifique de Monaco et de l'observatoire de la Côte d'Azur, et membre de la collaboration *Virgo*.

Avec *Ligo* et *Virgo*, un nouvel interféromètre, *Kagra*, au Japon, devrait bientôt participer à la chasse aux ondes gravitationnelles. Il sera alors possible d'enregistrer des événements de coalescence avec plus de détails et observer des modes de vibration plus faibles. Et si certains d'entre eux dévient des prédictions de la théorie d'Einstein, on disposera là de précieux indices pour la recherche d'une théorie quantique de la gravitation. ■

S. B.

M. Isi et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 123, article 111102, 2019

QUANTIQUE : BRUIT DE SUPRÉMATIE

Sur le site de la Nasa, un article, bien que rapidement retiré, n'est pas passé inaperçu. Une équipe de Google et des chercheurs de la Nasa auraient atteint ce que John Preskill a nommé, en 2012, la «suprémie quantique». Il s'agit du stade où un ordinateur quantique est capable de réaliser un calcul (même inutile) qui serait impossible, ou alors extrêmement long, sur un ordinateur classique.

L'équipe aurait réussi cette performance avec un ordinateur quantique à 53 qubits. Le calcul réalisé a été choisi de façon à être difficile dans une architecture classique et optimal sur la machine quantique de Google. L'équipe s'est assurée que son résultat, obtenu en deux minutes, était fiable. Un ordinateur classique aurait eu besoin de près de 10 000 ans. C'est un pas important vers l'ordinateur quantique, mais il reste un long chemin à faire avant que l'on puisse effectuer des calculs utiles. ■

S. B.

Pour en savoir plus : http://bit.ly/PLS505_SupQuant

POLLUTION DANS LE PLACENTA

Tout au long de la grossesse, le placenta joue plusieurs rôles essentiels pour le fœtus, dont celui de filtre biochimique vis-à-vis de l'extérieur. Or dans un contexte où l'on se préoccupe des problèmes de la pollution atmosphérique et de la qualité de l'air, l'équipe de Tim Nawrot, de l'université de Hasselt, en Belgique, vient de montrer que des nanoparticules carbonées issues de la combustion des carburants peuvent traverser ce filtre et se loger sur la face fœtale du placenta, et ce très tôt durant la grossesse.

Les chercheurs ont aussi extrapolé l'exposition de femmes ayant toutes accouché dans la région du Limbourg, dans le nord-est de la Belgique, sur la base de leur adresse et des données de pollution captées près de chez elles. Ils ont ainsi montré une corrélation entre le nombre de particules de carbone dans le placenta et l'exposition environnementale. D'autres études seront nécessaires pour dire si cette contamination du placenta entraîne des conséquences pour le développement du fœtus. ■

NOËLLE GUILLON

H. Bové et al., *Nature Communications*, vol. 10, article 3866, 2019

257 TRACES DE PIEDS NÉANDERTALIENS EN NORMANDIE



L'une des 257 empreintes de pied néandertalien – qui semble large et robuste – trouvées au Rozel.

Avec des collègues, Jérémy Duveau, du Muséum national d'histoire naturelle, a étudié des centaines d'empreintes de pieds néandertaliens découvertes sur le site du Rozel, dans le Cotentin. Ces chercheurs en ont conclu que ces traces ont été imprimées par un groupe constitué d'une majorité d'enfants et de jeunes.

Le site du Rozel est un système de dunes anciennes, où le sable apporté par le vent a scellé cinq sols anciens dans une boue sableuse. Leur fouille a livré les enregistrements de 257 pieds et 8 mains, ainsi que 6 pattes d'animaux. L'étude géochronologique a montré qu'ils datent d'environ 80 000 ans. Dans chacune des cinq strates, les fouilleurs ont mis au jour des outils de pierre de l'industrie moustérienne typique des Néandertaliens du Paléolithique moyen (350 000 à 45 000 ans avant le présent). Les empreintes du Rozel sont donc néandertaliennes. Or on ne disposait jusqu'ici que de 9 traces néandertaliennes...

Le paléosol noté D3b-4 porte 80% des empreintes découvertes. Les chercheurs l'ont donc choisi pour tenter de reconstituer la composition du groupe qui l'a foulé. En se fondant sur des données anthropométriques, ils ont conclu que l'on peut estimer la taille des Néandertaliens du Rozel en multipliant la longueur du pied par 6,5 (à des incertitudes près). Ils parviennent ainsi à la conclusion qu'entre 10 à 13 individus mesurant de 66 à 189 centimètres ont foulé D3b-4. Or les 20 squelettes néandertaliens à peu près complets connus correspondent à des statures comprises entre 147 et 177 centimètres. Le Rozel suggère donc l'existence de grands Néandertaliens, même si, compte tenu des incertitudes, les chercheurs ne sont sûrs que de la présence d'un enfant de 2 ans et d'un adulte d'au moins 1,75 mètre. Quoi qu'il en soit, tous avaient des pieds très larges (voir la photo ci-dessus).

En appliquant aux Néandertaliens du Rozel la courbe donnant la stature en fonction de l'âge chez *Homo sapiens*, les chercheurs en déduisent que la très grande majorité des individus ayant foulé D3b-4 étaient des jeunes. Cette constatation surprend, car les chasseurs-cueilleurs vivent en petits clans nomades comportant de 10 à 30 personnes au maximum, où une certaine parité adultes-jeunes doit régner : il faut en effet pouvoir entraîner les jeunes avec soi, voire porter les enfants. De fait, la seule comparaison possible – un groupe familial néandertalien fossilisé en une fois il y a quelque 49 000 ans dans la grotte d'El Sidrón, en Espagne – comprenait 3 hommes, 4 femmes, 3 adolescents et 3 enfants, ce qui suggère un ratio jeunes/adultes de 6/7, pratiquement à l'équilibre... ■

F. S.

J. Duveau et al., *PNAS*, vol. 116(39), pp. 19409-19414, 2019

ENVIRONNEMENT

UN INSECTICIDE QUI
NUIT AUX OISEAUX

Les néonicotinoïdes sont les insecticides les plus utilisés dans le monde depuis l'interdiction globale, dans les années 1970 et 1980, du DDT, toxique et cancérigène. Particulièrement efficaces, même à faibles concentrations, ces substances attaquent le système nerveux central des insectes et sont, aux États-Unis, principalement utilisés pour protéger les cultures de maïs. Plusieurs études ont déjà démontré l'implication des néonicotinoïdes dans l'effondrement de populations d'abeilles et d'autres invertébrés, mais les vertébrés pourraient aussi être victimes de ces produits. Récemment, l'équipe de Christy Morrissey, de l'université de Saskatchewan, au Canada, a révélé les effets délétères de ces insecticides sur les oiseaux migrateurs.

Les chercheurs ont capturé 36 bruants à couronne blanche, des oiseaux granivores, en pleine migration du Mexique vers le Canada. Un tiers de ces oiseaux ont été nourris avec de l'huile contenant jusqu'à un dixième de la quantité



Les bruants à couronne blanche qui absorbent un néonicotinoïde souffrent de désorientation temporaire.

d'insecticide (de l'imidaclopride) que l'on trouve sur un simple grain de maïs.

En seulement six heures, les bruants ayant assimilé la plus grande dose d'imidaclopride avaient perdu 6% de leur masse corporelle. Les oiseaux souffraient aussi de désorientation temporaire, qui retarde la reprise de la migration. Un effet qui pourrait réduire les chances de trouver un partenaire et d'établir un nid.

W. R.-P.

M. L. Eng *et al.*, *Science*,
vol. 365, pp. 1177-1180, 2019

EN BREF

PISSENLIT OPTIMISÉ

Surmontés d'un pappus (un faisceau de filaments blancs) qui contribue à augmenter leur portance, les akènes de pissenlit transportent les graines sur de grandes distances. En modélisant le système, François Gallaire, de l'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne), en Suisse, et ses collègues ont cherché quel est le nombre optimal de filaments dans un pappus qui assure un vol stable et efficace. Un trop grand nombre de filaments empêche l'air de circuler dans le pappus et déstabilise l'akène. Cependant, avec trop peu de filaments, la portance est insuffisante. Résultat : le parfait compromis se situerait aux alentours d'une centaine de filaments, et c'est bien l'ordre de grandeur pour les véritables pissenlits !

IZIA PÉTILLON

Direction des relations avec les entreprises

cnrs
formation
entreprises

**Organisme
de formation continue**

→ **250 formations technologiques courtes proposées
par le CNRS dans ses laboratoires de recherche**
pour les chercheurs, ingénieurs et techniciens

→ **Domaines de formation**

Big data et IA, génie logiciel, sciences de l'ingénieur, chimie, biologie, microscopie, urbanisme, enjeux sociétaux...
et plus encore

+ de 1600 stagiaires en 2018



Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes

Découvrez nos stages sur
cnrsformation.cnrs.fr



contact : cfe.contact@cnrs.fr ou +33 (0)1 69 82 44 55

[@CNRS_CFE](https://twitter.com/CNRS_CFE)

PHYSIQUE

COSMOS ET EXOPLANÈTES

Au cours du xx^e siècle, la compréhension du Système solaire et du cosmos a connu une formidable accélération aussi bien conceptuelle, avec notamment la relativité générale d'Einstein et la théorie du Big Bang, que technique, avec des télescopes toujours plus puissants qui scrutent les étoiles voisines du Système solaire et les confins du cosmos. Le prix Nobel de physique 2019 récompense des avancées liées à ces deux domaines. Une moitié du prix va à James Peebles, de l'université Princeton, dont les nombreux apports théoriques ont aidé à mieux saisir les processus à l'œuvre dans l'Univers primordial. L'autre moitié va à Michel Mayor et Didier Queloz, de l'université de Genève, qui ont découvert la première exoplanète en orbite autour d'une étoile comparable au Soleil. ■

S. B.

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019>

MÉDECINE

MÉCANISME DE L'OXYGÉNATION

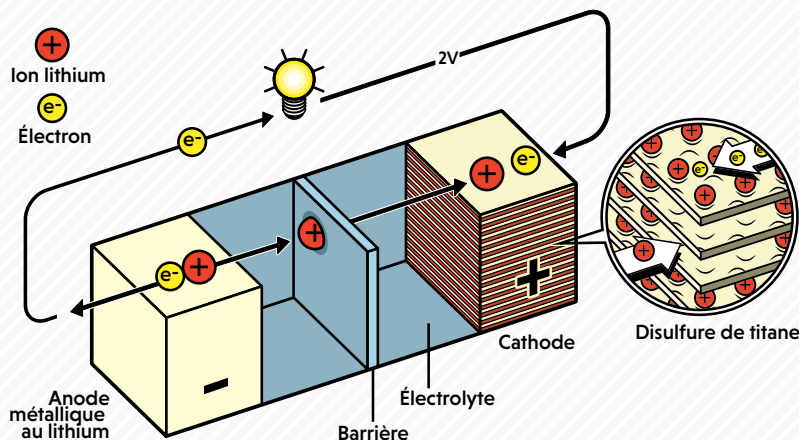
Si l'on sait depuis longtemps que l'oxygène joue un rôle clé dans le fonctionnement des cellules des animaux, le mécanisme par lequel ces cellules s'adaptent à la quantité d'oxygène disponible dans l'environnement n'a été compris qu'à partir des années 1990, grâce aux travaux des trois lauréats du prix Nobel 2019 de physiologie ou médecine. L'érythropoïétine (EPO) est une hormone qui augmente le nombre de globules rouges dans le sang en réponse à une baisse d'oxygène (hypoxie), assurant ainsi une oxygénation correcte des organes. En 1995, l'équipe de Gregg Semenza, aujourd'hui à l'université Johns-Hopkins, aux États-Unis, a découvert un complexe protéique qui active la production d'EPO en cas d'hypoxie. William Kaelin, de l'université Harvard, aux États-Unis, Peter Ratcliffe, de l'université d'Oxford, au Royaume-Uni, et leurs collègues ont complété l'explication du mécanisme à l'échelle moléculaire. ■

M.-N. C.

<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2019>

CHIMIE

LA RÉVOLUTION DES BATTERIES AU LITHIUM



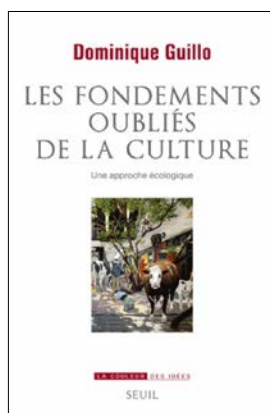
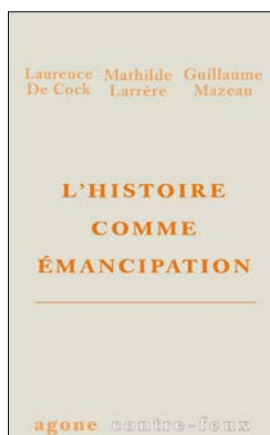
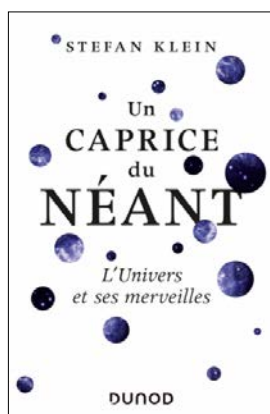
Les trois nobélisés de cette année ont contribué à concevoir la batterie rechargeable lithium-ion. Dans les premiers modèles (comme ci-dessus), l'anode se détruisait progressivement en réagissant avec l'électrolyte, ce qui limitait la durée de vie des batteries.

On oublie parfois l'importance d'inventions maintenant ancrées dans notre quotidien. Il en est ainsi des «batteries lithium-ion» des téléphones portables ou des voitures électriques. Le comité Nobel a distingué cette année trois chimistes pour leurs avancées majeures dans le développement de ces batteries. Tout a commencé dans les années 1970, lorsque de grands groupes industriels se sont intéressés à d'autres solutions que la voiture à essence. Le Britannique Stanley Whittingham, l'un des trois lauréats, a cherché à développer une batterie rechargeable meilleure que celles au plomb, trop lourdes, ou au nickel-cadmium, peu performantes et d'une durée de vie limitée. Rappelons qu'une batterie est censée alimenter un appareil en courant électrique continu grâce à une circulation d'électrons entre ses deux électrodes. L'une, l'anode, doit fournir des électrons, et l'autre, la cathode, doit les capter. L'anode doit donc être constituée d'une espèce chimique ayant tendance à libérer des électrons. Stanley Whittingham a alors utilisé un métal très léger : le lithium. L'atome de lithium perd facilement un électron, et se transforme en un ion lithium chargé positivement. Le chercheur a opté pour une anode constituée d'un bloc de lithium pur solide. Pour la cathode, il a choisi le disulfure de titane (TiS_2), très conducteur et comportant des trous de la taille d'un atome, pouvant accueillir les ions lithium issus de la réaction sur l'anode. La batterie lithium-ion était née. Stanley Whittingham a ensuite amélioré sa batterie pour éviter la formation de cristaux de lithium, à l'origine de courts-circuits.

D'autres progrès majeurs ont suivi. Notamment, l'Américain John Goodenough, autre lauréat du Nobel, a remplacé le disulfure de titane constituant la cathode par du dioxyde de cobalt (CoO_2), capable de stocker beaucoup d'ions sans se fragiliser. La tension électrique délivrée a ainsi doublé. Mais ce système était encore dangereux et inflammable à cause du lithium solide. Le Japonais Akira Yoshino, troisième lauréat, a remplacé l'anode de lithium pur par du coke de pétrole, stable et capable de stocker des atomes de lithium. Utilisée depuis 1991, la batterie lithium-ion s'est imposée dans nombre d'appareils portables et dans les véhicules électriques. ■

LUCAS GIERCZAK

<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019>



PHYSIQUE POÉTIQUE

UN CAPRICE DU NÉANT

Stefan Klein
Dunod, 2019
208 pages, 18,90 euros

L'auteur de cet essai associe lyrisme, physique et philosophie. Et il le fait bien. L'époque s'y prête, du reste, étant donné les étranges découvertes du siècle passé.

L'astrophysique a joué un rôle essentiel dans ce phénomène: elle a prouvé, à la suite d'une découverte inattendue de 1964, que l'Univers avait eu un début, le Big Bang; mais, associée à la relativité générale d'Einstein, elle a ensuite montré que 85% de la masse de l'Univers devait être constituée d'une «matière noire» dont on ignore totalement la nature et que l'on cherche en vain à détecter depuis une trentaine d'années.

Autre exemple, l'importance de l'aléatoire dans notre Univers, où la quasi-nullité de la probabilité d'apparition de la vie est compensée par la quasi-infinité du nombre d'étoiles et de planètes (la première exoplanète a été découverte en 1989; on en est à près de 4000).

Aussi, à partir de 1925, la mécanique quantique avait élucidé la plupart des énigmes de l'atome, mais dès 1935 était apparue la question de la «non-localité» des particules élémentaires (leur possibilité de se «trouver» en deux endroits à la fois); cette propriété, considérée comme prouvée par Alain Aspect en 1982, a depuis conduit à une seconde révolution quantique, à la fois théorique et technique.

Les paradoxes du temps sont également évoqués: pourquoi y a-t-il un passé, un présent et un avenir, alors que tous les processus élémentaires de la nature sont réversibles? Selon Ludwig Boltzmann (1844-1906), cela viendrait de notre savoir et des probabilités; mais Roger Penrose a calculé en 1989 que notre Univers n'aurait alors eu pratiquement aucune chance d'apparaître. D'où des théories, auxquelles l'auteur ne semble pas accorder une totale confiance, selon lesquelles il y aurait un nombre gigantesque d'univers («multivers») dont au moins un, le nôtre, connaîtrait la vie et l'intelligence. Philosophique!

CHRISTOPHE PICHON
INSTITUT D'ASTROPHYSIQUE DE PARIS

HISTOIRE ET SOCIÉTÉ

L'HISTOIRE COMME ÉMANCIPATION

Laurence De Cock, Mathilde Larrère et Guillaume Mazeau
Agone, 2019
144 pages, 12 euros

Les auteurs écrivent: «Le métier d'historien ne peut se limiter à la production de savoirs: nous avons aussi le devoir de les partager.» Dans ce pamphlet revigorant, trois des historiens les plus actifs sur les médias et réseaux sociaux veulent alerter sur le danger que court, selon eux, notre démocratie. Les historiens doivent sortir de leurs laboratoires et vulgariser leurs travaux, afin de ne pas laisser le magistère de la parole à des amateurs, certes talentueux, mais qui véhiculent des clichés réactionnaires.

Nous ne sommes plus à l'époque de «nos ancêtres les Gaulois» et des belles images des plaquettes de chocolat Meunier. L'Histoire doit être émancipatrice, c'est-à-dire aider à comprendre le présent pour préparer le futur, tout en s'inspirant des expériences du passé. Et il ne s'agit plus seulement de l'histoire des élites, mais aussi de celle des classes sociales inférieures. On pensait autrefois que ces dernières n'ont laissé que peu de traces. C'est faux: les historiens courageux savent les retrouver et les faire parler.

Attention cependant «à ne pas substituer un roman de gauche à un roman de droite, ce qui n'aurait pas grand sens dans une perspective d'émancipation». Même si «on ne fait de l'histoire qu'à partir d'un point de vue», «la crédibilité de la démarche de l'historien engagé repose sur la transparence de l'administration de la preuve». Sans retomber dans les pièges du passé, où les chapelles d'historiens se renvoyaient à la figure tel ou tel épisode revisité de la Révolution, en se méfiant des simplifications qui nous renverraient à un «roman national» fantasmé, les historiens d'aujourd'hui doivent se montrer et expliquer. Libre ensuite à chacun de se faire son opinion, qu'il fasse partie des «dominants» ou des «dominés».

ROMAIN PIGEAUD
CREAAH, UNIVERSITÉ DE RENNES

SOCIOLOGIE

LES FONDEMENTS OUBLIÉS DE LA CULTURE

Dominique Guillo
Seuil, 2019
360 pages, 23 euros

Prolongeant les «études de genre», les études animalistes visent à lier apprentissages sociaux et cultures animales, éthologie et anthropologie. C'est dans ce courant comportementaliste iconoclaste et en plein essor que se situe ce livre. Il vise à réconcilier sciences de la vie et de l'homme, lesquelles ont en quelque sorte divorcé lors du dialogue de sourds de la sociobiologie des décennies 1970 et 1980.

L'auteur, directeur de recherche au CNRS et professeur de sociologie à l'université de Rabat, avait publié à destination du grand public *Des Chiens et des Humains*, (Le Pommier, 2009). Le nouvel ouvrage est en quelque sorte le prolongement théorique du précédent. Il s'appuie sur la coévolution entre l'homme et son meilleur ami (le chien) pour proposer un programme de recherche visant à articuler les sciences sociales (c'est-à-dire humaines!) et celles de la vie.

Il est vrai que les recherches fondamentales sur l'éthologie des animaux domestiques ont été négligées, le chien étant jusqu'à récemment considéré comme sans intérêt scientifique puisque modifié par l'homme. Mais, aussi bien en phylogénie moléculaire qu'en paléanthropologie ou en psychologie expérimentale, les découvertes se multiplient et prouvent qu'il s'agit, de loin, du plus ancien animal domestique et que les presque 400 races de chiens sont issues du seul loup commun. À la pointe de cette réhabilitation, Dominique Guillo estime au contraire que les chiens de berger ou d'aveugle démontrent la profondeur et la réciprocité des échanges interspécifiques pour constituer une approche originale d'étude des comportements sociaux et culturels.

PIERRE JOUVENTIN
ÉTHOLOGUE ÉMÉRITE AU CNRS

EXO BIOLOGIE

À LA RECHERCHE D'INTELLIGENCES EXTRATERRESTRES

Florence Raulin Cerceau
Nouveau Monde, 2019
228 pages, 19,90 euros

Lorsqu'en été, nous observons le ciel, nous sommes subjugués par le nombre des étoiles. D'où viennent-elles? Existe-t-il une autre vie quelque part? Les philosophes se sont intéressés à la question de la pluralité des mondes dès l'Antiquité. L'autrice nous raconte l'histoire de cette recherche de vies et d'intelligences extraterrestres.

Avec la révolution copernicienne, la Terre a cessé d'être le centre de l'Univers, étant reléguée au rang de simple planète. De ce fait, les hypothèses sur l'existence d'intelligences extraterrestres ont pris vigueur. Des scientifiques, des écrivains, des philosophes se sont penchés sur la question, notamment Huygens, Fontenelle, Flammarion. Quand les moyens de communication à grande distance se sont développés, puis quand l'ère spatiale est arrivée, les recherches ont pu réellement prendre corps. Les projets se sont regroupés en une organisation internationale, le *Seti* (acronyme anglais de *Search for extraterrestrial intelligence*). De grands observatoires s'y sont impliqués, comme celui d'Arecibo, sur l'île de Porto Rico, ou celui de Nançay, en France.

Cette recherche pose de nombreuses questions: quelles sont les conditions de développement de la vie? La vie ailleurs est-elle la même? Etc. Florence Raulin Cerceau est astronome ainsi qu'historienne de l'exobiologie. Elle a écrit son livre en collaboration avec Dodji Cyrille Olou, qui apporte son point de vue au début et à la fin de l'ouvrage. Il pose de multiples questions, notamment sur la place des humains dans l'Univers si l'on devait y découvrir des intelligences extraterrestres. Cette association complète bien l'ouvrage, qui est accessible à tous et passionnant.

JEAN COUSTEIX
ISAE, SUPAÉRO, TOULOUSE

ET AUSSI



ANATOMIE COMPARÉE DES ESPÈCES IMAGINAIRES

Jean-Sébastien Steyer
Le Cavalier Bleu, 2019
136 pages, 18 euros

Pour créer en science, il peut être bon de se libérer... de la science. C'est ce que fait Jean-Sébastien Steyer, spécialiste du monde du Permien et des mondes imaginaires. Il analyse ici avec sa sensibilité de chercheur de l'évolution... Hulk, les « derniers Porgs », le Marsupilami et d'autres créatures de fiction. Depuis que le Premier ministre britannique a comparé son pays à Hulk, il importe de tout savoir sur les caractéristiques d'êtres qui n'existent pas en chair et en os, mais qui sont de plus en plus présents dans notre culture.

QUAND LA TERRE TREMBLE

Christiane Grappin et Éric Humler (dir.)
CNRS Éditions, 2019
264 pages, 24 euros

Quels services nous protègent en cas de séisme majeur en France? Pour répondre, les auteurs de cet ouvrage collectif passent en revue les risques sismiques qu'encourt la France; puis ils font de même s'agissant des volcans, et nous apprenons que les seuls qui nous menacent sont aux Antilles et à la Réunion. Ils décrivent ensuite la « chaîne du risque », c'est-à-dire la façon dont les fonctions de surveillance s'organisent en France, avant de discuter de quelle façon les « gestionnaires de risque » entrent en jeu en cas de crise. Joliment illustré, l'ouvrage se termine par des recommandations.

DANS LA TÊTE D'UN CHIEN

Gregory Berns
Humensciences, 2019
336 pages, 24 euros

L'auteur raconte le grand projet d'étude au scanner des états mentaux des chiens et des otaries, qu'il a lancé et mené selon un protocole n'impliquant pour les animaux ni douleur ni contrainte. Son récit est rempli d'anecdotes et renseigne à merveille sur les difficultés pratiques d'une telle entreprise. Il présente aussi les résultats de celle-ci. Par exemple qu'une zone du lobe temporal canin sert à la reconnaissance des visages; ou encore que les chiens, même s'ils reconnaissent les mots, n'ont pas de centre de traitement du langage.

PARIS

JUSQU'AU 19 JANVIER 2020

Institut du monde arabe

www.imarabe.org

AlUla, merveille d'Arabie



Située dans le nord-ouest de l'Arabie saoudite, la région d'AlUla constitue un site archéologique majeur, étudié depuis une vingtaine d'années seulement. Il est présenté ici pour la première fois au grand public. Cette vallée fertile de la péninsule Arabique est habitée depuis 7000 ans. Sociétés néolithiques, royaumes de Dadan et Lihyân entre le VIII^e et le II^e siècle avant notre ère, Nabatéens qui fondent la ville de Hégira, Romains, sociétés

pré-islamiques puis islamiques y ont laissé de nombreux vestiges bien conservés, dont une centaine de monumentaux tombeaux rupestres à façade décorée construits par les Nabatéens. Les visiteurs feront connaissance avec le magnifique site naturel et son vaste patrimoine archéologique par le biais de pièces et objets archéologiques rares, de dispositifs numériques, de photographies et de vidéos inédites signées Yann Arthus-Bertrand... ■

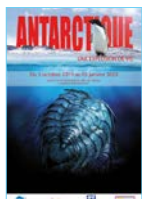
PRADES-LE-LEZ (HÉRAULT)

JUSQU'AU 5 JANVIER 2020

Maison départementale de l'environnement

www.herault.fr, tél. 04 67 67 82 20

Antarctique, une explosion de vie



Dans un décor rappelant celui de la base scientifique Dumont d'Urville, en Terre Adélie, des objets, jeux, témoignages, dispositifs multimédia et expériences invitent à partir dans les pas d'une équipe de biologistes en mission. Pour partager un peu leur quotidien et découvrir la faune très riche qui vit sur ou sous les glaces du sixième continent. ■

TOULON (VAR)

JUSQU'AU 9 FÉVRIER 2020

Muséum départemental du Var

museum.var.fr, www.facebook.com/MDN4freres

Jules Verne : des abysses aux étoiles



Cette exposition, également présentée non loin de Toulon, au Beausset (www.facebook.com/MDN4freres), propose à ses visiteurs de plonger dans l'univers imaginaire du célèbre auteur des « Voyages extraordinaires ». Les abysses et les océans sont en vedette à Toulon, tandis que l'astronomie et le Système solaire le sont au Beausset. ■

ET AUSSI

Mardi 5 novembre, 18 h

Le Lieu unique, Nantes

www.lelieuunique.com

LA COMPÉTITION MONDIALE EN IA

Charles Thibout, chercheur à l'Iris, discute des ambitions internationales et antagonismes suscités par les perspectives économiques ou militaires du développement de l'intelligence artificielle.

Les 8 et 9 novembre

Université de Tours,

site Tanneurs

<https://bit.ly/35i3vZx>

ALIMENTATION, GOÛT ET SANTÉ

Une première édition de *déTours des sciences* avec quatre demi-journées de conférences et débats sur les grands défis de l'alimentation, les questions de santé, les peurs et plaisirs alimentaires, et la table du futur.

Mardi 12 novembre, 17 h

Acad. des sciences, Paris

<https://bit.ly/33czKaL>

MÉCANIQUE QUANTIQUE

De l'étrangeté quantique aux technologies de pointe : une présentation par le physicien et académicien Alain Aspect.

Du 14 au 19 novembre

Paris et sa région

<https://bit.ly/2Nk0BYe>

PENSER L'INCROYABLE

Tel est le thème de cette 4^e édition du Festival des idées Paris, qui décline des questions très variées (fake news, supercheries scientifiques, magie, vie extraterrestre, etc.) à travers conférences, spectacles, jeux-débats, expositions et ateliers.

Du 21 au 23 novembre

Cité des sciences

et de l'industrie, Paris

<http://timeworld2019.com>

TIME WORLD

Conférences, tables rondes, ateliers éducatifs, spectacles et espaces d'exposition attendent le grand public, les industriels et les chercheurs pour décliner le temps à toutes les sauces ou presque (en français !).