



ont joué un rôle crucial, notamment pendant la période de réionisation. Vers 200 millions d'années après le Big Bang, elles ont contribué à ioniser et chauffer le gaz qui remplissait l'Univers. Mais cette période reste encore assez mal connue. Les chercheurs attendent beaucoup du futur télescope spatial *James-Webb (JWST)*, le successeur de *Hubble*, prévu pour 2021. Alors que *Hubble* ne voit que les galaxies primordiales les plus brillantes, et avec une résolution limitée, *JWST* devrait en voir beaucoup plus et plus finement. D'autres projets, comme le radiotélescope *SKA*, étudieront grâce à la lumière de quasars lointains (des galaxies dont le trou noir supermassif central est très actif) l'évolution du gaz dans l'Univers.

Quels ont été les progrès en cosmologie ?

Les observations les plus récentes, comme la carte du fond diffus cosmologique (le rayonnement émis par l'Univers 380 000 ans après le Big Bang) dressée par le satellite *Planck* avec une précision exceptionnelle, ont consolidé notre confiance dans le modèle du Big Bang, qui décrit un univers né d'un état de densité et de température extrêmes et qui se refroidit au cours de son expansion.

Il y a cependant encore beaucoup d'inconnues dans ce modèle. L'inflation, par exemple. En une fraction de seconde, l'Univers aurait gonflé d'un facteur 1030. Cette phase explique de nombreuses observations, mais le mécanisme sous-jacent n'est pas élucidé. Les théoriciens ont proposé beaucoup de scénarios. Pour faire le ménage, une piste serait de détecter des ondes gravitationnelles primordiales produites pendant l'inflation. Elles auraient laissé une empreinte dans le fond diffus cosmologique, signal qui n'a pas encore été détecté. Une autre piste serait d'utiliser un réseau de pulsars (des étoiles à neutrons émettant un signal périodique très régulier) dans la Voie lactée pour déceler le passage de ces ondes gravitationnelles.

Qu'en est-il de l'énergie noire et de la matière noire ?

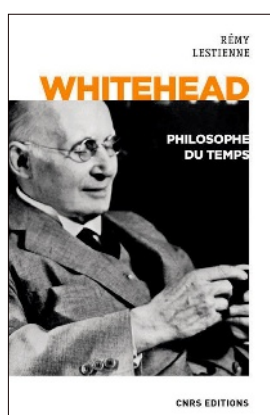
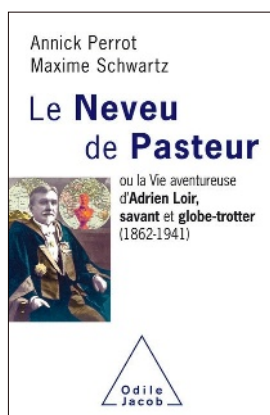
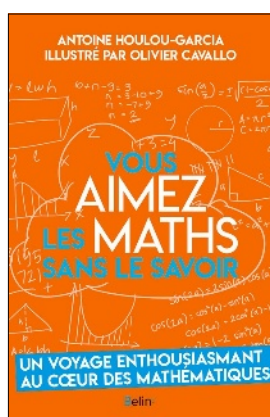
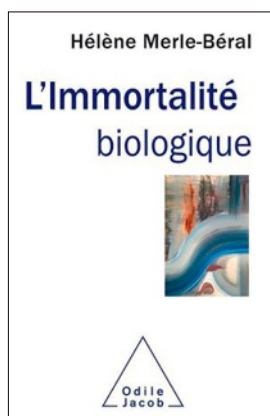
L'énergie noire représente 70 % du contenu de l'Univers ; elle explique l'accélération de l'expansion de l'Univers, mais sa nature reste inconnue. Comme pour l'inflation, les théoriciens ont proposé de très nombreuses explications. Si des observations ont déjà permis d'écarter certaines d'entre elles, les données actuelles ne sont pas assez précises pour dire si l'énergie noire est juste une constante cosmologique ou quelque chose de dynamique qui évolue au cours du temps. Le télescope spatial *Euclid*, prévu pour 2022, devrait recenser la position de 12 milliards de galaxies à différentes époques. L'analyse de ces données permettra de retracer la dynamique d'expansion de l'Univers avec assez de précision pour en savoir plus sur la nature de l'énergie noire.

Le reste du contenu de l'Univers se partage entre 5 % pour la matière baryonique (composée des atomes) et 25 % pour la matière noire. Cette dernière intervient à de nombreuses échelles, tant pour expliquer la dynamique des galaxies que pour interpréter les données du fond diffus cosmologique. On a longtemps pensé qu'une particule massive nommée « wimp » (pour *weakly interacting massive particle*) était le bon candidat. Mais sa non-détection au *LHC*, le grand collisionneur de hadrons du Cern, près de Genève, et dans d'autres expériences utilisant des approches très différentes amène à penser que le wimp n'est pas la bonne piste. Il faut regarder du côté des autres candidats, et ils sont nombreux : nouvelles particules exotiques, trous noirs primordiaux, gravité modifiée...

Que vous inspirent tous ces résultats et ces projets futurs ?

Je pense que nous sommes à un tournant. Les dernières décennies ont fait l'objet de découvertes fantastiques. Il reste encore de grandes questions, mais de nouveaux instruments, très puissants, scrutent déjà le ciel ou le feront bientôt. Nous avons beaucoup de chance de vivre à cette époque, parce que, j'en suis sûre, plusieurs des énigmes de l'Univers seront prochainement éclaircies. ■

Propos recueillis par SEAN BAILLY



BIOLOGIE

L'IMMORTALITÉ BIOLOGIQUE

Hélène Merle-Béral

Odile Jacob, 2020,
180 pages, 20,90 euros

Le fait d'être des animaux conscients a rendu notre finitude insupportable, de sorte que les humains ont inventé les dieux et les promesses de vie éternelle dans l'au-delà. Mais voilà que des avancées scientifiques ont ouvert la possibilité de flirter avec l'idée d'atteindre – non pas la vie éternelle sur Terre ! – mais une forme d'«amortalité», comme écrit l'autrice dans son passionnant livre.

Celui-ci s'articule en trois parties. Hélène Merle-Béral passe d'abord en revue les principales croyances inventées par les hommes dans leur obsession d'échapper à la mort ; elle nous explique ensuite les multiples raisons biologiques du vieillissement des êtres vivants. On comprend alors qu'en théorie, des recherches scientifiques pourraient livrer des moyens de stopper, voire d'inverser les processus qui nous font vieillir. Puis l'autrice décrit l'univers transhumaniste.

Non seulement Hélène Merle-Béral nous dresse un panorama exhaustif des outils déjà à disposition ou en cours d'élaboration (décryptage des génomes, ciseau à ADN, nanotechnologie, cellules souches, intelligence artificielle, prothèses en tous genres, robotisation, fabrication d'organes en 3D, exosquelette, biocapteurs...), mais elle nous explique aussi qui fait quoi et où actuellement parmi les différents laboratoires de la planète. Enfin, elle évoque plusieurs des conséquences sociétales qui découleront de ce nouveau monde, comme la coexistence transitoire des humains augmentés et normaux, la fin des religions ou encore le nouveau rôle des médecins dans la société.

Deux critiques : il manque un développement sur le pourquoi de la sénescence, thème puissant dans les sciences de l'évolution ; pas de discussion non plus du désastre écologique que signifierait l'accession à l'amortalité. Les rêves transhumanistes de colonisation d'exoplanètes en tiennent-ils compte ? Il vaudrait mieux...

FRÉDÉRIC THOMAS

LABORATOIRE MIVEGEC, CNRS, MONTPELLIER

MATHÉMATIQUES

VOUS AIMEZ LES MATHS SANS LE SAVOIR

Antoine Houlou-Garcia

Belin, 2020,
144 pages, 18,00 euros

Ce livre est un recueil d'historiettes de portée initiatique relatives à des résultats mathématiques généralement étonnants, donc prenants. Elles illustrent l'utilité des mathématiques, mais plus encore la beauté inattendue du cheminement logique. Si les sujets traités (tours de cartes, votes, géométrie, jeux de nombres...), ne sont pas tous inédits, l'angle de résolution des questions posées est original et autorise une réflexion parallèle. Exemple : le jeu avec deux dés est plus intéressant qu'avec un seul, car la somme des deux dés lancés n'est pas de probabilité uniforme et le résultat le plus fréquent est 7. Au Monopoly, il faut ainsi construire des maisons à une distance de 7 cases des adversaires dont c'est le tour de jouer. Qui utilise cette réflexion lors d'une partie ? Les mathématiques s'appliquent dans des situations imprévues et nous y penserons si nous gagnons en confiance dans nos possibilités de réflexion.

Quoiqu'il soit absurde de prétendre que le monde est mathématique (le calcul de la trajectoire des planètes n'explique pas la nature de celles-ci), il est vrai que certains de ses aspects sont dévoilés par les mathématiques. Au prix d'un effort, car le «bon sens», prôné actuellement dans certains cercles antiscientifiques, est souvent démenti par la logique. C'est en cela que la promenade dans l'histoire de la réflexion mathématique retracée dans l'ouvrage est à la fois une leçon d'humilité et d'espoir.

De surcroît, les mathématiques, assimilées à un art, sont mises en relation dans les histoires du livre avec des considérations sur le dessin (voir le cas de la fougère fractale), la musique, la biologie, la philosophie...

Pour persuader de l'intérêt des aspects complexes des mathématiques, ne faut-il pas donner envie de les apprendre sur des situations simples qui en dévoilent l'essence ? Le livre y réussit à merveille.

PHILIPPE BOULANGER
FONDATEUR DE POUR LA SCIENCE

HISTOIRE DES SCIENCES

LE NEVEU DE PASTEUR

Annick Perrot et Maxime Schwartz

Odile Jacob, 2020
320 pages, 24,90 euros

Tout le monde connaît les Pastoriens, la tribu scientifique représentée par un institut de renommée internationale descendant de notre savant national Louis Pasteur. Peu de gens savent toutefois que, n'ayant pas de fils médecin, Pasteur forma son neveu Adrien Loir pour l'assister au laboratoire et l'envoya en mission de par le monde ébaucher un réseau d'instituts Pasteur. Pourquoi a-t-on oublié cet héritier potentiel de la tradition pastoriennne? Les auteurs se sont posé cette question à laquelle ils répondent sur la base de nombreux documents inédits. Il en ressort que la trajectoire de cet esprit non conformiste et curieux de tout fut parfois tragique.

À Tunis, où il créa un institut Pasteur en 1893 (toujours actif), il a eu la malchance d'être éclipsé par son successeur Charles Nicolle, futur Prix Nobel, alors qu'à son arrivée il avait donné l'exemple d'une recherche attentive aux problèmes locaux et noué amitié avec le premier médecin tunisien formé en France, Béchir Dinguizli. Adrien Loir a aussi écrit, à la fin de sa vie, des mémoires intitulés *À l'ombre de Pasteur*, témoignage de première main longtemps mis sous le boisseau, en raison de ce qu'il suggérerait d'irrégularités dans la démarche pastoriennne. Le livre d'Annick Perrot et Maxime Schwartz présente une réhabilitation bienvenue avec des récits passionnants sur la vie dans des pays contrastés comme l'Afrique du Sud, l'Australie et le Canada. Adrien Loir est bien un pastorien différent, à certains égards plus proche de nous que les personnages officiels de sa génération.

À lire comme un vrai roman par temps de Covid-19, à propos d'un observateur avisé des multiples facteurs, y compris socioculturels, intervenant dans les maladies humaines et animales, bref à propos de ce que l'on peut appeler un pionnier de l'épidémiologie de terrain et de la santé globale.

ANNE-MARIE MOULIN
LABORATOIRE SPHERE, UNIVERSITÉ DE PARIS

PHILOSOPHIE

WHITEHEAD, PHILOSOPHE DU TEMPS

Rémy Lestienne

CNRS Éditions, 2020,
224 pages, 25 euros

Physicien et philosophe des sciences, Rémy Lestienne propose ici une synthèse des travaux d'Alfred North Whitehead (1861-1947), mathématicien, logicien et philosophe anglais toujours influent sur nombre de courants de pensée actuels. L'auteur a parsemé son texte de commentaires par lesquels il laisse transparaître ses propres idées; il poursuit ainsi la démarche entamée par ses ouvrages précédents sur les sujets les plus fondamentaux comme le temps, l'instant, la conscience, les neurosciences, l'intrication quantique.

Whitehead, esprit éclairé et très doué, professeur puis ami de Bertrand Russell, ayant eu des charges prestigieuses à Oxford, Cambridge, Londres et Harvard, est devenu l'un des grands philosophes de la première partie du ^{xx}e siècle. L'auteur en présente la biographie avant d'analyser et commenter ses écrits.

Une caractéristique des travaux de Whitehead est d'avoir mêlé mathématiques, relativité, physique quantique à la philosophie. Mais des réflexions sur les neurosciences, le libre arbitre, la causalité et des interrogations sur l'existence de Dieu font aussi partie de ses études.

Rémy Lestienne met bien en lumière cette polymathie des travaux de Whitehead. Il souligne aussi l'évolution des idées et la création de nouveaux paradigmes comme les notions de «conrescences» ou de «process». Ces avancées intellectuelles ébranlent aussi les pensées intimes de Whitehead, puisqu'il passe de la croyance à l'agnosticisme et même à l'athéisme pour finalement se reconvertir au théisme avec des questions très fondamentales sur Dieu et la déité. Ce n'est pas là une versatilité, mais plutôt une recherche de la réalité, toujours incertaine.

Un ouvrage à lire par tous ceux qui s'intéressent aux questionnements primordiaux de la science et de la philosophie.

JACQUES COLIN
INSTITUT D'ASTROPHYSIQUE
DE PARIS ET SORBONNE UNIVERSITÉ

ET AUSSI



LA FABULEUSE HISTOIRE DE NOS ORIGINES

Marc Azéma et Laurent Brasier

Dunod, 2020,
352 pages, 21,90 euros

Ce livre, préfacé par Jean Guilaïne, du Collège de France, donne de l'évolution de l'humanité un bon aperçu en la traitant par petites touches. Toumaï, sorties d'Afrique, cannibalisme, *Homo sapiens* en Europe, peintures pariétales, domestication, lait, invention de l'écriture, Amazonie précolombienne, etc. : avec ses cent vingt petits textes consacrés chacun à un événement ou thème important, il offre une lecture facile et très agréable.

ATLAS DES VILLES MONDIALES

Charlotte Ruggeri (dir.)

Autrement, 2020,
96 pages, 24 euros

Des géographes se sont associés pour passer en revue les nombreuses problématiques des villes mondiales au moyen de petits textes efficaces et de centaines d'infographies fascinantes. Quel est l'effet du réchauffement climatique sur les villes ? Quelle est la dynamique des villes sud-américaines ? Les villes *fake news* ? Comment module-t-on le tourisme dans les villes européennes ? Ainsi présentés, les problèmes urbains et les solutions adoptées n'auront plus de secret pour le lecteur.

MISSION ANTARCTIQUE

Annabelle Kremer

Belin, 2020,
224 pages, 19,90 euros

La sociologie de la science est peu vulgarisée. L'ambition de l'autrice est de la montrer dans le cas de la base Dumont-d'Urville, en Antarctique. Les professionnels – chercheurs, plombiers, électriciens, etc. – qui concourent non seulement aux recherches, mais aussi à la survie du groupe, sont présentés par des portraits retraçant leur parcours et leur motivation. La vie à Dumont-d'Urville, une expédition dans le désert blanc et le travail sur la faune antarctique sont aussi décrits par une belle plume. Une captivante immersion, illustrée par plus de soixante photographies, dans le fonctionnement d'une petite société scientifique.

LA CHRONIQUE DE
GILLES DOWEK

LA SOUVERAINETÉ N'EST PAS UNE QUESTION DE NATION

Dans le domaine du numérique, la souveraineté dépend avant tout de la maîtrise des techniques utilisées, et non de leur appartenance nationale.



La souveraineté numérique est souvent confondue avec l'idée d'enjeu national.

Un mot est apparu dans les débats relatifs au développement des applications de traçage des personnes potentiellement porteuses du virus SARS-CoV-2: le terme «souveraineté». Ainsi, une application de traçage développée en France et dont les données sont hébergées en France est plus «souveraine» qu'une application développée à l'autre bout du monde et dont les données sont hébergées on ne sait où. D'autres critères sont également pris en compte dans cette évaluation de la souveraineté d'un logiciel, tels le fait qu'il soit développé par des acteurs publics ou privés, que son code source soit publié ou non, etc. Cette notion de souveraineté est désormais également utilisée dans d'autres débats relatifs au déploiement des réseaux téléphoniques de cinquième génération ou à la fabrication de médicaments.

Dès lors, le nom «souveraineté» est souvent associé à l'adjectif «nationale». Cependant, cette utilisation de la notion

de nation, dans le cadre d'une question d'éthique de l'informatique, peut paraître paradoxale, car les réseaux ont aboli la notion de distance et se jouent des frontières. D'ailleurs, les références géographiques sont brouillées par le fait que notre nation est à la fois la France et l'Union européenne, et que nous parlons parfois de souveraineté nationale et parfois de souveraineté européenne.

Les réseaux ont aboli la notion de distance et se jouent des frontières

En fait, dans le contexte de l'informatique, la notion de souveraineté n'a rien à voir avec celle de nation. Imaginons que nous utilisions un logiciel, que nous n'en soyons pas satisfaits et que nous souhaitions le modifier. Si cela nous demande peu d'efforts, nous

sommes souverains sur ce logiciel; si cela nous en demande beaucoup, nous ne le sommes pas.

Par exemple, quand nous utilisons, tout seuls, un logiciel que nous avons développé nous-mêmes, nous pouvons le modifier comme bon nous semble et notre souveraineté sur ce logiciel est donc complète. Quand nous nous servons d'un logiciel dont le code source est publié, nous pouvons, de même, le modifier, mais cela nous demande un peu plus d'efforts, puisque nous devons d'abord le comprendre. En revanche, quand nous utilisons un logiciel dont le code source n'est pas publié, nous ne pouvons absolument pas le modifier.

La situation est un peu plus complexe quand nous utilisons un logiciel à plusieurs. Par exemple, nous n'avons pas, individuellement, la possibilité de modifier un protocole de communication qui, par nature, doit être commun. Mais nous avons parfois la possibilité de modifier un tel logiciel, si nous sommes une majorité d'utilisateurs à le souhaiter. C'est notamment le cas d'une application de traçage, quand elle est développée par un État démocratique, mais non quand elle est développée par une dictature.

Quand un logiciel est développé par une entreprise privée géante, nous pouvons avoir, malgré tout, une certaine souveraineté sur ce logiciel. Par exemple, en 2012, la contestation du changement des conditions générales d'utilisation de l'application Instagram, par un grand nombre de ses utilisateurs – certains ayant même supprimé leur compte –, a contraint Facebook à annuler cette décision. Mais cela demande beaucoup d'efforts, pour un résultat incertain.

Veiller à n'utiliser que des logiciels sur lesquels les utilisateurs sont souverains, et non dépendants de la décision d'autres personnes, est, au bout du compte, très différent du nationalisme, c'est-à-dire de l'exaltation de la nation sous toutes ses formes. ■

GILLES DOWEK est chercheur à l'Inria, enseignant à l'École normale supérieure de Paris-Saclay et membre du Comité national pilote d'éthique du numérique.