



SCIENCE

ÉTHOLOGIE
**DISTANCIATION
SOCIALE : LES
ANIMAUX AUSSI !**

MÉTÉOROLOGIE
**DES PRÉVISIONS
MÉTÉO JUSQU'À
28 JOURS ?**

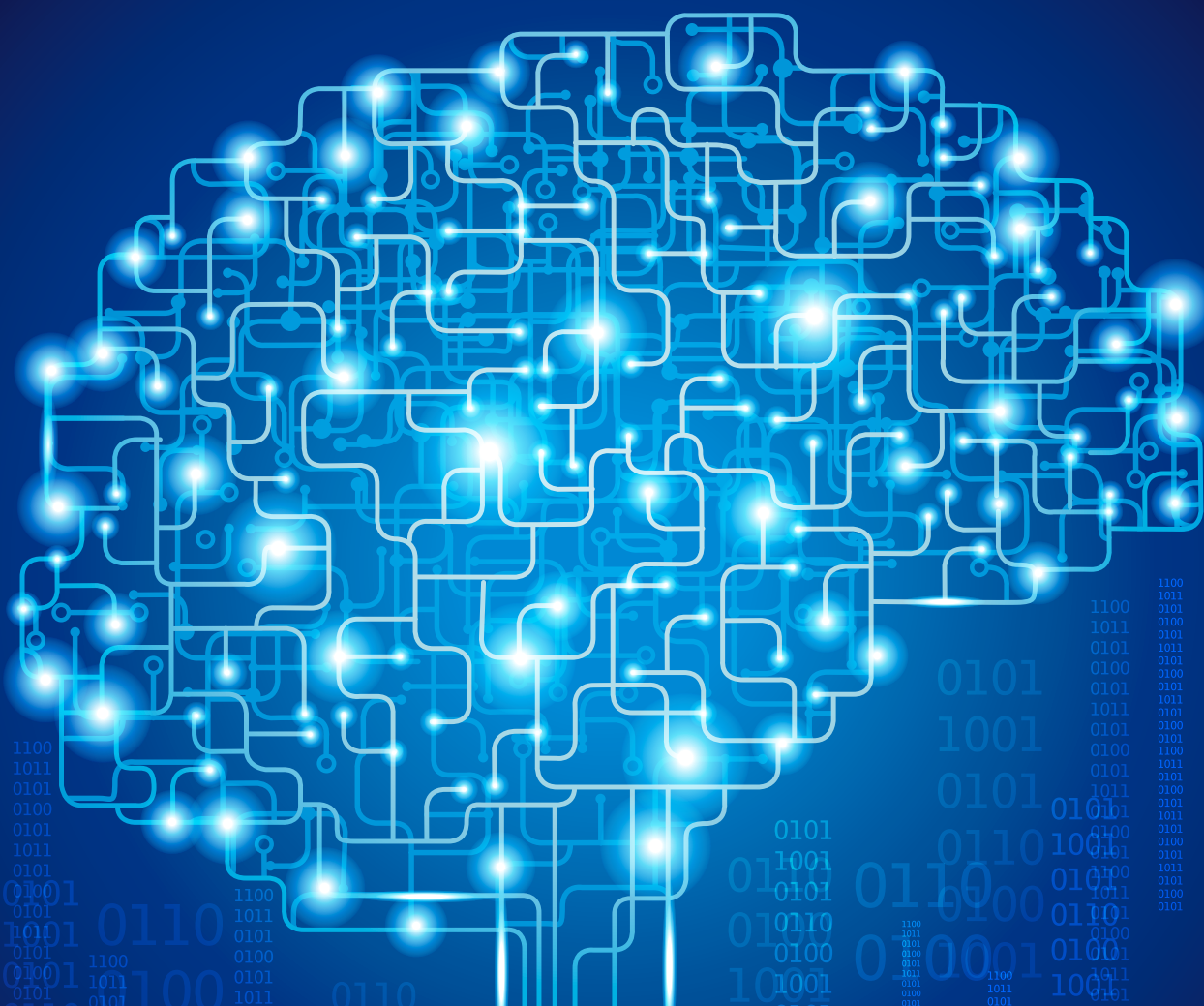
ARCHÉOLOGIE
**DES ENFANTS
CHIMUS SACRIFIÉS
PAR CENTAINES**

SEPTEMBRE 2020
N° 515

L 13256 - 515 - F: 6,90 € - RD



Quand la SPINTRONIQUE s'inspire du cerveau





Certifié PEFC

Ce produit est issu
de forêts gérées
durablement et de
sources
contrôlées.

10-31-1282

pefc-france.org

**É
DITO**



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

DU SPIN POUR L'IA

Reconnaître des visages sur des photos, obéir à des instructions vocales, battre au go ou aux échecs des champions humains... Les performances actuelles des systèmes d'intelligence artificielle ont évidemment de quoi étonner. Mais il faut relativiser. Tout d'abord, ces systèmes se limitent le plus souvent à une tâche bien précise. On est loin de la polyvalence d'une intelligence de moustique (femelle) qui, avec un minuscule cerveau, sait repérer ses victimes, se cacher, éviter la main qui cherche à l'écraser, s'accoupler avec un mâle de la bonne espèce, pondre là où il faut...

Ensuite, les systèmes d'intelligence artificielle ne brillent pas par leur efficacité énergétique. Bien que fondés sur des réseaux de neurones artificiels, algorithmes qui imitent les propriétés des réseaux de neurones biologiques (ou du moins ce que l'on en sait), non seulement ils exigent d'énormes masses de données pour leur « apprentissage », mais ils consomment beaucoup plus d'énergie que notre cerveau pour des tâches équivalentes.

Cette gourmandise énergétique tient en partie au fait que les programmes d'intelligence artificielle sont exécutés sur des dispositifs classiques, où les informations sont stockées dans une mémoire physiquement séparée des processeurs qui les traitent. D'où d'incessants et énergivores va-et-vient des données entre les mémoires et les processeurs.

C'est pourquoi scientifiques et industriels cherchent à mettre au point des systèmes où le stockage des données se ferait au même endroit ou presque que leur traitement. Plusieurs pistes existent, mais Julie Grollier et Damien Querlioz nous décrivent l'une des plus prometteuses, avec ses premiers succès (voir pages 28 à 37): la spintronique, domaine de l'électronique qui tire profit du spin des électrons pour révéler des effets physiques originaux et de nouvelles applications.

On n'en est pas encore à reproduire sur une tête d'épingle un réseau neuronal aussi performant que celui d'un moustique. Mais on s'achemine tout de même vers une plus fidèle et plus efficace imitation du fonctionnement du cerveau.

SOMMAIRE

N° 515 /
Septembre 2020



POUR LA
SCIENCE.FR
LETTRE D'INFORMATION

NE MANQUEZ PAS
LA PARUTION DE
VOTRE MAGAZINE
GRÂCE À LA NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



Inscrivez-vous
www.pourlascience.fr

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Pourquoi l'embryon se développe toujours de la même façon
- Bisphénol A: des substituts tout aussi problématiques
- La source du point chaud de Hawaï se dévoile
- Dinosaures: des œufs d'abord mous
- Des poissons supernoirs
- Des feux de camp à la surface du Soleil
- Douleurs chroniques: de nouvelles pistes de traitement
- Xenon1T: un signal inattendu
- Énergie solaire tout-en-un
- Le pentadiamant, mieux que le diamant

P. 16

LE LIVRE DU MOIS

L'Odyssée des gènes

P. 24

HOMO SAPIENS INFORMATICS

Un métro, une ligne après l'autre

Gilles Dowek

P. 26

QUESTIONS DE CONFIANCE

OGM: une histoire juridiquement brouillée

Virginie Tournay



En couverture :
© Vladgrin / shutterstock.com

Les portraits des contributeurs sont de Seb Jarnot

Ce numéro comporte un encart d'abonnement *Pour la Science*, jeté en cahier intérieur, sur toute la diffusion kiosque en France métropolitaine. Il comporte également un courrier de réabonnement, posé sur le magazine, sur une sélection d'abonnés.

GRANDS FORMATS



P. 40

ÉTHOLOGIE

LES ANIMAUX AUSSI GARDENT LEURS DISTANCES

Dana Hawley et Julia Buck

Afin d'échapper à la maladie, divers animaux tels que des langoustes, des oiseaux, des fourmis ou des singes pratiquent la distanciation sociale... spontanément et sans directives administratives!



P. 48

PHYSIQUE DES PARTICULES

À LA RECHERCHE DU NEUTRINO STÉRILE

William Charles Louis
et Richard Van de Water

Les neutrinos existent en trois variétés. Seulement? Des indices suggèrent l'existence d'une quatrième. Cette hypothétique particule permettra-t-elle d'éclairer la question de la matière noire et de l'énergie sombre?



P. 56

ARCHÉOLOGIE

LES ENFANTS SACRIFIÉS SUR L'AUTEL... D'EL NIÑO?

Nicolas Goepfert

Au nord du Pérou, sur la côte Pacifique, les archéologues ont mis au jour les traces d'un sacrifice pratiqué il y a plus de cinq siècles, dont les centaines de victimes étaient des enfants et de jeunes lamas. Une macabre cérémonie probablement motivée par des troubles météorologiques.



P. 66

CLIMATOLOGIE

DES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES À 28 JOURS

Kathy Pegion

Prévoir le temps quatre semaines à l'avance? Les météorologues y arrivent de mieux en mieux, grâce à des superordinateurs et à une compréhension plus fine des phénomènes atmosphériques.



P.74

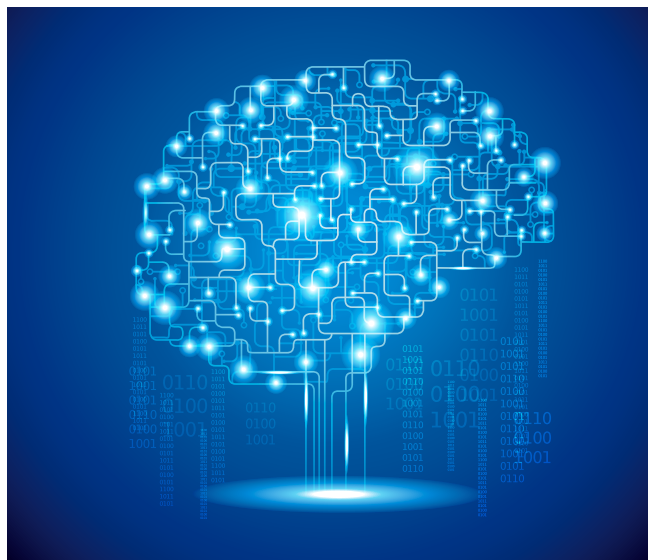
HISTOIRE DES SCIENCES

CONSTANTIN RAFINESQUE OU LES TRIBULATIONS D'UN NATURALISTE PEU ORDINAIRE

Benoît Grison

Des personnages atypiques, l'histoire ne retient souvent que les lubies. Mais l'excentricité de Constantin Rafinesque, négociant et naturaliste, ne saurait éclipser le rôle majeur qu'il a tenu dans l'histoire des sciences naturelles.

À LA UNE



P.28

TECHNOLOGIE

QUAND LA SPINTRONIQUE S'INSPIRE DU CERVEAU

Julie Grollier et Damien Querlioz

En termes d'énergie, le cerveau est beaucoup plus efficace que les ordinateurs actuels pour mémoriser, calculer ou apprendre. Est-il possible de s'inspirer de cet organe pour réaliser des dispositifs plus performants? Oui, en s'appuyant sur le spin des électrons...

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

CINQ PÉPITES MATHÉMATIQUES DE JOHN CONWAY

Jean-Paul Delahaye

Le grand mathématicien britannique vient de disparaître. Pour lui rendre hommage, voici un petit échantillon de mathématiques comme les aimait ce magicien des jeux et des nombres.

P.86

ART & SCIENCE

Le mystère du coquelicot de Monet

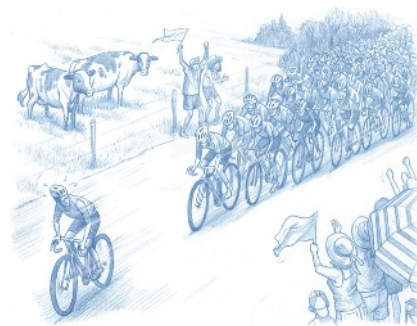
Loïc Mangin

P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Sucer la roue dans le peloton

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*



P.92

**CHRONIQUES
DE L'ÉVOLUTION**

L'eau, moteur de l'évolution

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

La tendance en sciences du goût

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.16 Le livre du mois

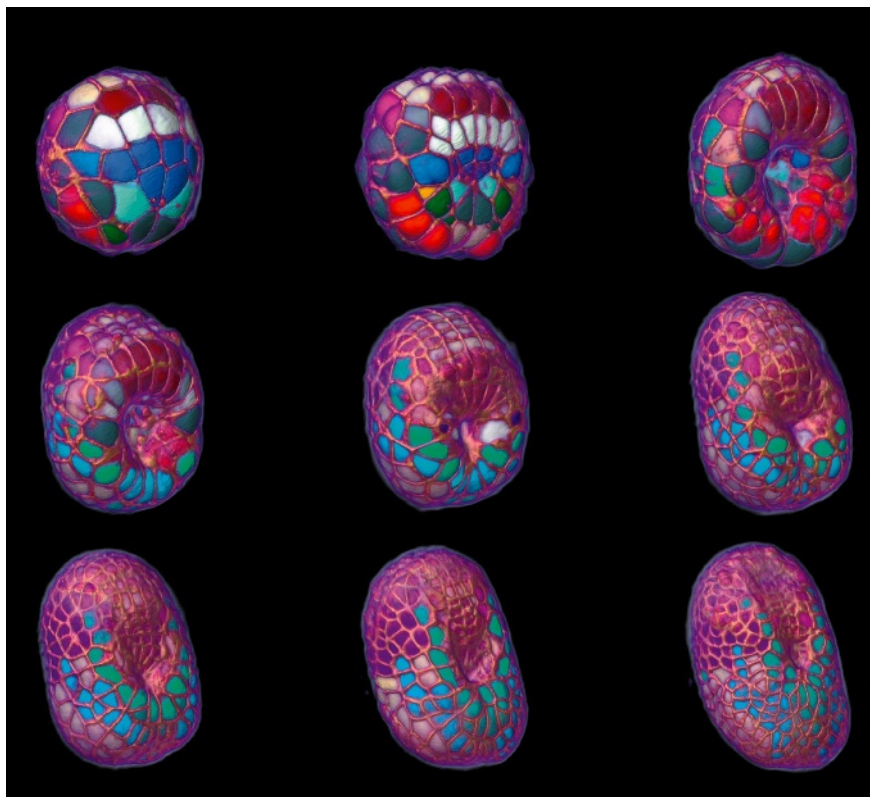
P.24 *Homo sapiens informaticus*

P.26 Questions de confiance

BIOLOGIE

POURQUOI L'EMBRYON SE DÉVELOPPE TOUJOURS DE LA MÊME FAÇON

Durant le développement de l'ascidie *Phallusia mamillata*, chaque cellule embryonnaire est repérable et occupe la même position d'un embryon à l'autre (ici le développement d'un embryon observé au microscope, superposé à sa reconstruction numérique, où chaque couleur indique le tissu que les cellules formeront. Les cellules rouges, par exemple, deviendront les muscles de la queue).



Chez les ascidies, des animaux marins proches des vertébrés, le développement est si reproductible qu'il est possible de reconnaître chaque cellule d'un embryon à l'autre. Leur secret ? Les contacts entre cellules...

Chez tous les animaux, la vie débute par un ballet finement orchestré en trois dimensions : durant les tout premiers stades du développement, une cellule-œuf fécondée subit des divisions successives selon des lois géométriques particulièrement reproductibles d'un individu à l'autre. Cette reproductibilité se poursuit ensuite à l'échelle des tissus, même si au sein d'un même tissu le comportement des cellules varie d'un embryon à l'autre. Depuis longtemps, cette constance fascine

les biologistes du développement, qui tentent de comprendre quels mécanismes la maintiennent malgré la grande diversité des génomes. Léo Guignard et Patrick Lemaire, du centre de recherche en biologie cellulaire de Montpellier (université de Montpellier, CNRS), et leurs collègues ont apporté une réponse en suivant pas à pas l'embryogenèse d'un petit animal marin, l'ascidie *Phallusia mamillata*.

Cet organisme qui, à l'âge adulte, évoque une outre enracinée dans le sol marin, commence sa vie sous une forme larvaire qui ressemble à un têtard. Les

ascidies intéressent les biologistes du développement pour deux raisons. D'une part, elles appartiennent au groupe des tuniciers, l'embranchement le plus proche des vertébrés. D'autre part, leur embryogenèse est particulièrement reproductible : il est possible de reconnaître chaque cellule jusqu'à un stade du développement bien plus avancé que chez les autres animaux. Aussi les ascidies constituent-elles une piste intéressante pour comprendre comment les embryons contrôlent la reproductibilité du développement à l'échelle cellulaire. D'autant que la géométrie de leurs embryons a peu changé depuis l'émergence du groupe, il y a environ 400 millions d'années, malgré une importante diversification génétique.

Léo Guignard et ses collègues se sont intéressés à la communication entre