

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

ART ET SCIENCE

**LA JOCONDE
CACHAIT BIEN
SES POINTS NOIRS**

GÉOPHYSIQUE

**DES CYCLONES
DE PLUS EN PLUS
DESTRUCTEURS ?**

NEUROBIOLOGIE

**LES MOLÉCULES
DU TOUCHER
SE DÉVOIENT**



DÉCEMBRE 2020
N° 518

TROUS NOIRS

**Le paradoxe
de l'information
bientôt résolu ?**

BRAINCAST

La voix des neurones

Le podcast de *Cerveau & Psycho*

en partenariat avec l'Institut du Cerveau

4^{ème} épisode

**Notre cerveau est le maître
de l'illusion**

www.cerveauetpsycho.fr/sr/braincast/



Neurologue et chercheur
en neurosciences



Certifié PEFC

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

10-31-1282

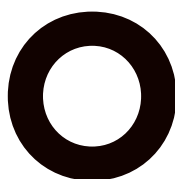
pefc-france.org

É DITO



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

LES TROUS NOIRS, CHAUSSE-TRAPPE OU SALUT



Objet du prix Nobel de physique décerné cette année, les trous noirs ont été imaginés par les théoriciens avant que des décennies d'observations astronomiques fassent admettre leur existence. Une existence devenue encore plus tangible grâce à deux avancées récentes. D'une part, depuis 2015, on

détecte des ondes gravitationnelles émises lors de la coalescence de deux trous noirs, avec plusieurs dizaines de tels événements enregistrés à ce jour. D'autre part, il y a quelques mois, un réseau de radiotélescopes a produit la première image d'un trou noir: celui, supermassif, qui occupe le centre de la galaxie M87.

Les observations astronomiques de ces objets entrent ainsi dans une nouvelle ère. Elles fourniront, sur ces astres tellement massifs et compacts que leur gravité empêche jusqu'à la lumière de s'en échapper, des renseignements très attendus. Très attendus en particulier parce que les trous noirs posent aux théoriciens une grave difficulté.

En 1974, le célèbre chercheur britannique Stephen Hawking avait calculé qu'un trou noir doit émettre un faible rayonnement et donc que cette «évaporation» finit, au bout d'un temps très long, par le faire disparaître. Mais ce phénomène impliquerait que l'information relative à la matière engloutie par l'astre serait perdue à tout jamais, et cela contredit les lois de la physique quantique.

Comment résoudre ce paradoxe? Le physicien américain Steven Giddings nous présente dans ce numéro les principales pistes envisagées (voir pages 24 à 33). Certaines supposent de revoir des concepts fondamentaux de la physique. Pour faire le tri, les futures observations seront cruciales. De plus, la solution au paradoxe de l'information est probablement liée à celle d'un problème encore plus vaste: celui de l'incompatibilité actuelle entre la théorie de la relativité générale, qui décrit les trous noirs, et la théorie quantique. Ainsi, ces astres étranges constituent aujourd'hui une chausse-trappe pour la physique théorique, mais il est possible qu'ils lui apportent demain le salut. ■

SOMMAIRE

N° 518 /
Décembre 2020

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Covid-19: le point sur les vaccins
- La supraconductivité à 15 °C
- Un tardigrade à fluorescence anti-UV
- Le secret des forêts de pierre
- Un chromosome Y très «sapiens»
- L'antivirus des méristèmes
- Les «Alpes» de Pluton
- Des granules d'ARN dans la mitochondrie
- Nos chevaux ne sont pas anatoliens
- Les prix Nobel 2020

P. 16

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

HOMO SAPIENS INFORMATICS

Les sciences nous rendent-elles crédules?

Gilles Dowek

P. 22

QUESTIONS DE CONFIANCE

Combattre avec des caricatures

Virginie Tournay

GRANDS FORMATS



P. 34

NEUROBIOLOGIE

LES MOLÉCULES DU TOUCHER SE DÉVOIENT

Amber Dance

Comment les cellules détectent-elles le contact et la pression mécanique pour ensuite transmettre la perception tactile vers le cerveau? Après des décennies d'interrogations, les chercheurs ont découvert quelques-unes des protéines à la clé de ce processus.



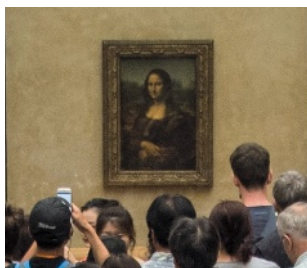
P. 48

ENVIRONNEMENT

LE VRAI COÛT ÉNERGÉTIQUE DU NUMÉRIQUE

Anne-Cécile Orgerie
et Laurent Lefèvre

Surfer sur internet, utiliser une application, regarder une vidéo en streaming, discuter en visio... Toutes ces activités qui paraissent aujourd'hui naturelles à nombre d'entre nous sont loin d'être anodines pour l'environnement.



P. 42

ART ET SCIENCE

LA JOCONDE AUSSI A DES POINTS NOIRS

Pascal Cotte et Lionel Simonot

Des chercheurs ont mis en évidence, pour la première fois, l'utilisation du *spolvero*, technique de transfert de dessin, sur le célèbre portrait de Mona Lisa peint par Léonard de Vinci.



P. 60

GÉOPHYSIQUE

DES CYCLONES PLUS DESTRUCTEURS?

Emmanuel Dormy
et Ludvine Oruba

Ces dernières décennies, Katrina, Idai, Harvey et bien d'autres ouragans ont semé le chaos sur leur passage. Ces phénomènes paraissent plus fréquents et plus violents, mais le sont-ils réellement? La réponse des chercheurs est nuancée.



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



En couverture :
© Mondolith Studios

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.



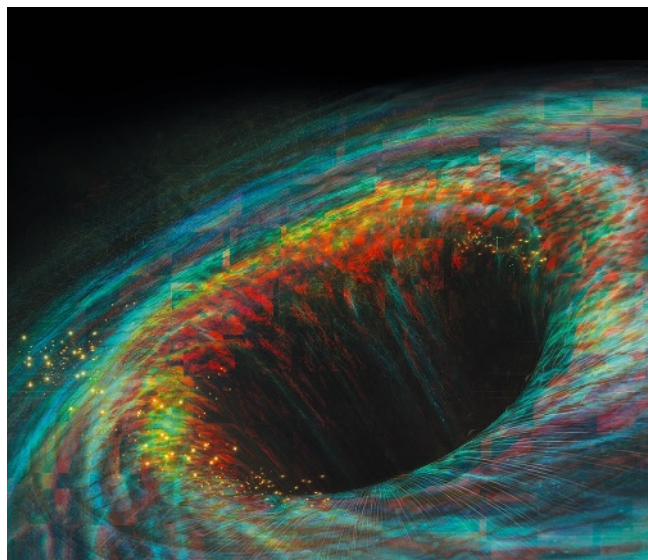
P. 74

HISTOIRE DES SCIENCES

DES MATHÉMATICIENS DANS LA GRANDE GUERRE

David Aubin

Dans les années 1930, le groupe de mathématiciens Bourbaki a promu une vision abstraite et universelle de sa discipline en rupture avec celle de ses prédécesseurs. Le sacrifice de nombreux jeunes mathématiciens durant la Première Guerre mondiale a sans doute fortement contribué à ce revirement.



P. 24

ASTROPHYSIQUE

TROUS NOIRS : COMMENT RÉSOUDRE LE PARADOXE DE L'INFORMATION ?

Steven Giddings

Alors que le prix Nobel de physique vient de récompenser trois spécialistes des trous noirs, ces étranges objets soulèvent encore d'importantes interrogations. En particulier, ils détruiraient l'information associée à la matière qu'ils engloutissent, ce qui serait contraire aux lois de la physique quantique. Un paradoxe que de nouvelles observations aideront à dissiper.

RENDEZ-VOUS

P. 82

LOGIQUE & CALCUL

ENVOYER DES MESSAGES À RETARDEMENT

Jean-Paul Delahaye

La science cryptographique étudie les moyens de livrer une information en fixant une date avant laquelle elle restera cachée et inaccessible. Un problème de mieux en mieux résolu.

P. 88

IDÉES DE PHYSIQUE

Bien ventiler pour bien respirer

Jean-Michel Courty,
Édouard Kierlik et Benoît Semin



P. 92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Des chauves-souris et des virus

Hervé Le Guyader

P. 96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Du café ou du thé pour détoxifier

Hervé This

P. 98

À PICORER

CAHIER PARTENAIRE
PAGES I À III (APRÈS LA P. 70)

L'iode radioactif volatil,
un gaz à piéger
En partenariat avec

IRSN

A

CTUALITÉS

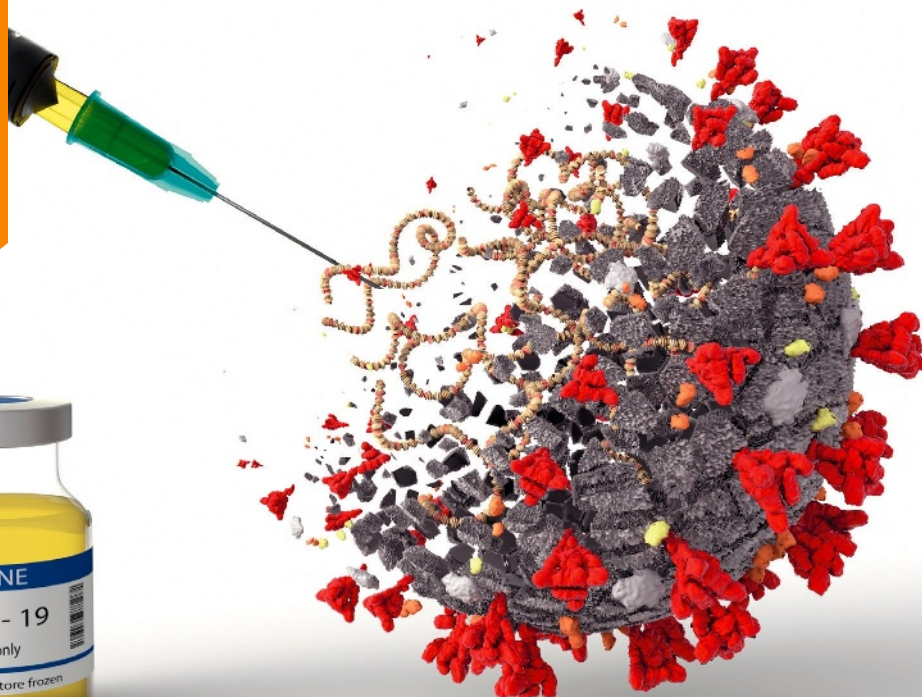
P.6 Échos des labos

P.16 Livres du mois

P.20 Homo sapiens informaticus

P.22 Questions de confiance

COVID-19 : LE POINT SUR LES VACCINS



Aujourd'hui, plusieurs centaines de candidats vaccins sont à l'étude et une dizaine sont en essai de phase III. Plusieurs seront testés par les 25 000 volontaires recrutés par l'Inserm.

Depuis son émergence sur un marché chinois, le virus SARS-CoV-2 a fait plus de 1,2 million de morts de par le monde. Pour contrer ce nouvel agent pathogène, la recherche, publique et privée, a déployé comme jamais de formidables ressources afin de mettre au point un vaccin qui pourrait libérer le monde de toute mesure de confinement. Depuis la publication de la séquence du génome viral en janvier 2020, la compétition est féroce et les annonces, plus ou moins étayées, sont nombreuses. Comment s'y retrouver ? En faisant un tour d'horizon des différents projets en lice et de leur degré d'avancement, comme s'y est notamment attelé Florian Krammer, de la faculté de médecine Icahn du mont Sinaï, à New York.

Les chercheurs ne portaient pas de rien. De fait, les coronavirus ont défrayé la chronique à l'occasion de deux épidémies, celle du SRAS en 2003 et celle du MERS en 2012. Des travaux visant à mettre au point des vaccins contre les deux agents pathogènes ont bien été lancés, mais ils ont vite été abandonnés. Néanmoins, grâce aux connaissances acquises à cette occasion et après l'obtention de la structure précise du SARS-CoV-2, la cible à privilégier pour un éventuel vaccin a vite été repérée (voir la figure page ci-contre). Il s'agit de la protéine S (pour *spike*), et plus précisément sa région RBD (*receptor binding domain*), avec laquelle le virus se fixe au récepteur (l'enzyme ACE2) des cellules qu'il va infecter.

Cette identification rapide représente un gain de temps énorme dans la conception d'un vaccin, qui d'ordinaire réclame

quinze années de travaux. C'est une moyenne : celui contre les oreillons fut disponible en quatre ans, il fallut patienter trente-quatre ans pour celui contre la varicelle, et l'on attend toujours celui contre le VIH...

Contre le SARS-CoV-2, la diversité des techniques (voir la figure page ci-contre) utilisées dans l'élaboration des candidats vaccins est peut-être un facteur enjoignant à l'optimisme. À côté des méthodes traditionnelles, comme les vaccins à base de virus atténués ou inactivés, d'autres sont plus récentes et n'ont fait leurs preuves que depuis peu. C'est le cas des protéines recombinantes (fabriquées par des organismes génétiquement modifiés) et des vecteurs viraux. Enfin, les vaccins à ADN et ARN sont des méthodes qui n'ont encore jamais abouti à leur mise sur le marché.

Une course contre la montre

Quels qu'ils soient, les candidats se doivent de franchir avec succès les trois phases d'essais qui jalonnent la mise au point d'un vaccin et pendant lesquelles