

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Bénédicte Salthun-Lassalle,
Guillaume Frasca

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Rédacteur : Guillaume Jacquemont

Cerveau & Psycho

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacqueten,

Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe assisté de Ifédayo Fadojo

Marketing : Élise Abib

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Ahmed Aarab, Christophe Bonnal, Frédéric Brechenmacher,
Cécile Chevrier, Ghislaine Dehaene-Lambertz, Marcello
Fulchignoni, Peter Galison, Raphaël Garcia, Évelyne Host-Platret,
Étienne Koechlin, Marc Mauduit, Christophe Pichon, Géraldine
Rauchs, Daniel Tacqueten, Todd Treangen, Philippe Valet.

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin
(jf.guillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Adresse postale :

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de dossiers ou de magazines :

02 37 82 06 62 [de l'étranger : 33 2 37 82 06 62]

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,
Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors : Ricky
Rusting, Philip Yam, Gary Stix, Davide Castelvecchi, Graham Collins, Mark
Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate
Wong. President : Steven Inchcoombe. Vice President : Frances Newburg.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou
francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents conte-
nus dans la revue « Pour la Science », dans la revue « Scientific American »,
dans les livres édités par « Pour la Science » doivent être adressées par
écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduction, d'adop-
tation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le
nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific Ame-
rican, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de
reproduire intégralement ou partiellement la présente revue
sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de
l'exploitation du droit de copie [20, rue des Grands-Augus-
tins - 75006 Paris].



Le temps des turbulences

Les nuages, l'eau qui tourbillonne dans une cascade, les fumées, des liquides colorés qui se mélangent... Les fluides semblent avoir des mouvements chaotiques. Toute perturbation modifie leur écoulement d'une façon générale-ment imprédictible. Dès lors, la mise en équations du comportement des fluides tient du défi. Toutefois, divers physiciens se sont attelés à la tâche, notamment le Français Claude Louis Marie Henri Navier (1785-1836) à qui l'on doit les équations de la mécanique des fluides, dites de Navier-Stokes. On n'a pas retenu le nom d'un autre physicien français qui a pourtant notablement amélioré la formulation de ces équations : Adhémar Barré de Saint-Venant (1797-1886). Il tomba dans les oubliettes de l'histoire, et c'est le Britannique George Gabriel Stokes (1819-1903) qui passa à la postérité.

Les phénomènes de turbulence restent mal compris, mais les équations de Navier-Stokes – que l'on ne sait pas toujours résoudre – sont utilisées par les ingénieurs et les physiciens qui s'intéressent au comportement des fluides (voir *Turbulences sur les équations des fluides*, page 26). Elles servent à élaborer des modèles numériques et à étudier l'écoulement des fluides, l'aérodynamique des trains à

Le modèle n'a aucune imagination.

grande vitesse et des avions, ou les mouvements des masses d'air qui circulent autour de la planète. On peut ainsi suivre le transport des éléments radioactifs en provenance du Japon.

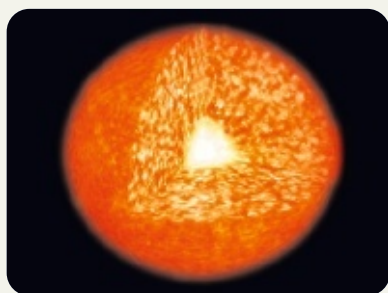
Quand ils ont été construits dans les années 1970, les réacteurs de Fukushima ont été implantés dans une zone qui avait été déclarée sûre d'après les conclusions fournies par les modèles – les plus élaborés disponibles alors – du risque sismique au Japon. Les modèles se sont trompés (voir *Le mégaséisme de subduction du Japon*, page 34).

Les modèles numériques sont de puissants outils. Ils permettent notamment de tester des hypothèses de façon beaucoup plus rapide et précise que ne le feraient des expériences. On peut tester sans limite les conséquences dues à la modification de chacun des paramètres. Ils autorisent parfois même des prédictions sur des événements rares. Mais ce sont des outils au service de l'homme, qui ne remplacent pas l'homme, qui ne prévoient pas ce que l'homme n'aura pas anticipé. Le modèle n'a aucune imagination. Pas plus en matière de sécurité nucléaire que d'évolution des turbulences, qu'elles soient physiques... ou politiques et sociales. ■

- 1 **ÉDITO**
 4 **BLOC-NOTES**
Didier Nordon

Actualités

- 6 Des Américains antérieurs
à la culture de Clovis
 8 Mieux soigner
les épilepsies infantiles
 9 Le prix Abel 2011
attribué à John Milnor
 12 Le cœur des géantes
rouges dévoilé



... et bien d'autres sujets.

- 16 **ON EN REPARLE**

Opinions

- 18 **POINT DE VUE**
Il est urgent de prévenir
les troubles de l'audition
chez l'adolescent
Michel Mondain et Frédéric Venail
 19 **ÉCONOMIE**
Les pollueurs
ne sont pas les payeurs
Ivar Ekeland
 20 **DÉVELOPPEMENT DURABLE**
Végétaliser les toitures
et terrasses
Maeva Sabre et Gaëlle Bulteau
 22 **VRAI OU FAUX**
Les hommes
sont-ils monotâches ?
Bénédicte Salthun-Lassalle
 24 **COURRIER DES LECTEURS**

À LA UNE

26 MATHÉMATIQUES

Turbulences sur les équations des fluides

L'un des problèmes mathématiques les plus en vue porte sur les écoulements des liquides ou des gaz. Les équations dites de Navier-Stokes utilisées pour les décrire et les prévoir sont-elles valides ?

34 GÉOPHYSIQUE

Le mégaséisme de subduction du Japon

Pierre Henry

Les sismologues n'avaient prévu ni le mégaséisme qui a secoué la grande île de Honshu au Japon, ni le raz de marée de 20 mètres de haut qui a suivi. Des mécanismes inédits jusqu'à présent sont en cause.

41 DOSSIER

LE MOT JUSTE

Comment le cerveau l'acquiert, le choisit et le produit

→ **Comment les enfants (p. 42)
apprennent leur langue
maternelle**

É. Cauvet, P. Brusini, I. Brunet et A. Christophe

→ **La production des mots (p. 50)**

F.-Xavier Alario

→ **La musique de *Enfin* (p. 56)**

Mélanie Petit

62 **ASTRONOMIE** Les satellites les plus étranges du Système solaire

David Jewitt, Scott Sheppard et Jan Kleyna

Évoluant sur des orbites étirées et dans le sens souvent inverse de celui attendu, les satellites irréguliers ouvrent une fenêtre sur la formation des planètes.



70 **CLIMATOLOGIE** Les victimes du changement climatique

Alex de Sherbinin, Koko Warner et Charles Ehrhart

Les modifications des régimes de pluies et des rivages côtiers pourraient entraîner des migrations humaines d'une ampleur sans précédent.

76 **BIOLOGIE CELLULAIRE** La vie agitée du génome

Tom Misteli

Entre deux divisions cellulaires, l'ADN des chromosomes se révèle plus organisé que prévu. L'activité des gènes dépend de leur position et de leurs déplacements dans le noyau : silencieux en périphérie, ils sont actifs au centre.



Regards

84 **HISTOIRE DES SCIENCES**

Le monde vivant selon al-Djâhiz

Meyssa Ben Saad
et Mehrnaz Katouzian-Safadi

Au Moyen Âge, dans l'Empire arabo-islamique, de nombreux savants décrivent le monde vivant. L'un d'eux, al-Djâhiz, érudit de la cour de Bagdad, apporte un regard nouveau fondé sur l'observation et la raison.

88 **LOGIQUE & CALCUL**

Infini et impossible !

Jean-Paul Delahaye

Placer une infinité d'impossibilités dans un seul dessin peut sembler un peu futile. Cela produit pourtant de troublantes images où l'œil est mis à rude épreuve.

94 **ART & SCIENCE**

William Kentridge et la négation du temps

Loïc Mangin

96 **IDÉES DE PHYSIQUE**

Des électrons en boîte pour donner des couleurs

Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik

101 **SCIENCE & GASTRONOMIE**

Brandade de morue

Hervé This

102 **À LIRE**

Sur la totalité des numéros :
deux encarts d'abonnement pages 24 et 25.
Encarts commande de livres et abonnement pages 76 et 77.
Un encart *Sciences humaines* posé sur la diffusion abonné France.
En couverture : © Shutterstock/Leigh Prather

Rendez-vous sur **SCIENCE.fr**

» Plus d'informations

- L'intégralité de votre magazine en ligne
- Des actualités scientifiques chaque jour
- Plus de 5 ans d'archives
- L'agenda des manifestations scientifiques

» Les services en ligne

- Abonnez-vous et gérez votre abonnement en ligne
- Téléchargez les articles de votre choix
- Réagissez en direct
- Consultez les offres d'emploi

www.pourlascience.fr

→ LE MULTIVERS DE LA POLITIQUE

Selon les domaines, chaque individu est plutôt conservateur ou novateur, autoritaire ou laxiste, rationnel ou affectif, étroit ou large d'esprit. Il peut, par exemple, être effarouché en matière de mœurs, mais prêt à toutes les aventures technologiques – ou inversement. Il peut accepter de partager ses biens, mais ne pas supporter de renoncer à son pouvoir. Etc. Bref, il se manifeste par une nébuleuse d'options peu corrélées entre elles. Les notions politiques de gauche et de droite sont donc des synthèses trop sommaires pour être pertinentes. Plus grave, leur affrontement réducteur conduit les élus à se raidir et ne mène à rien de bon.

Les géomètres abstraits vont ici révéler leur utilité. Détruisons le Palais-Bourbon et le palais du Luxembourg, dont l'architecture favorise l'opposition stérile entre gauche et droite, et confions aux géomètres la construction de deux hyperhémicycles à 36 000 dimensions. Les hypersièges seront repérés par leurs coordonnées sur 36 000 axes correspondant à 36 000 types de problèmes (mœurs, techniques, religions, sciences, éducation, argent, pouvoir, arts, etc.). Sur chaque axe, gradué du plus réactionnaire au plus révolutionnaire, chaque élu choisira la coordonnée exprimant au mieux sa position.



Évidemment, nous qui, n'étant pas géomètres, manquons de familiarité avec les espaces à 36 000 dimensions, nous n'y verrons plus rien. Mais cela plaide pour ma proposition. Croire à une lisibilité de la société est en effet une erreur. La société est un fouillis d'actions et de réactions partant tout le temps dans tous les sens. Nul n'arrive jamais ni à analyser complètement le passé, ni à saisir tout ce qui est en train de se produire, ni à anticiper l'avenir. Pour être fidèle, la représentation nationale doit être à l'image de ce chaos. D'ailleurs, lorsque la réforme que je propose sera entrée en vigueur, on constatera que des hyperhémicycles à 36 000 dimensions pèchent encore par simplisme. Il sera temps, alors, de leur adjoindre des dimensions fractales.

→ HYPOCRISIE DURABLE

Si nous étions adeptes du développement durable, nous aspirerions à ce que l'ordinateur légué par nos parents soit celui dont, sans panne ni obsolescence, se serviront encore nos enfants et nos petits-enfants. Nous nous opposerions au progrès technologique, puisque celui-ci nous incite à nous débarrasser de nos objets, dépassés avant d'être usés, au risque de dilapider les ressources naturelles. Il n'est pas de développement durable sans objets durables.

En fait, peu de nous sont prêts à payer le prix du développement durable, c'est-à-dire à renoncer à la griserie des gains de puissance qu'apporte le progrès technologique. Mais nous ne voulons pas mettre nos paroles en accord avec nos actes et, comme ont fait tant d'autres, dire : « Après nous, le Déluge. » Ce serait reconnaître que nos technologies supérieures ne changent pas grand-chose à l'éternel humain. Du

coup, nous courons après le progrès tout en vantant le développement durable, faisant ainsi perdurer cet autre éternel humain qu'est l'hypocrisie.



→ VISION AVEUGLE

Une activité est d'autant plus scientifique, dirait-on, qu'elle laisse moins de place en son sein à l'expression du pessimisme. Quand un chercheur anticipe les conséquences de son travail, il se montre confiant et plein d'allant. « Grâce à nos recherches, on pourra faire ceci et cela », annonce-t-il, où « ceci » et « cela » désignent des rêves ou des désirs dont la réalisation sera éminemment bénéfique.

L'histoire devrait rendre prudent. Il n'est guère de progrès scientifique ou technique qui n'ait sa face d'épouvante. La chimie et les gaz, la physique et les bombes, la biologie et les armes bactériologiques ; la médecine, mise par les dictatures au service de tortures, d'exécutions, d'internements psychiatriques ; et peut-être, dans un avenir plus ou moins lointain, l'informatique, avec la surveillance systématique des populations.

Seulement, un chercheur qu'inquiéterait trop le risque de voir son travail engendrer une horreur serait paralysé. L'optimisme obligé de la recherche est un de ses points aveugles les plus critiquables. Une ques-

tion reste posée : quelle part de responsabilité le chercheur a-t-il dans l'utilisation qui sera faite de ses résultats ?

→ TRACES DÉLÉBILES

Selon certains commentateurs, les supports électroniques ne résisteront pas au temps. À leur confier tant de documents, nous risquons de ne pas laisser de traces durables. Les archéologues de l'avenir auront encore moins d'éléments sur nous que nous n'en avons sur les hommes qui ont peint Lascaux.

Soit. Mais pourquoi s'affliger devant cette perspective ? Soyons modestes : à ne pas nous connaître, nos descendants subiront-ils vraiment un dommage irréversible ? Et puis, s'ils commettent à notre sujet l'erreur que nous avons commise à propos des peuples que nous avons qualifiés de « primitifs », ils déduiront du manque de vestiges légués par notre histoire que nous n'avons tout simplement pas eu d'histoire. Ils concluront (pourvu qu'ils aient les mêmes dictons que nous) que nous avons été un peuple heureux.

Ainsi, notre absence de traces donnera de nous une image infidèle, mais attrayante. Avec un peu de chance, le mystère enveloppant notre civilisation fera rêver, et on prendra celle-ci pour un modèle idéal auquel aspirer. Que souhaiter de mieux ? ■



Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines

Le regard de l'ethnologue n° 26



Être migrant et Haïtien en Guyane

Maud Laëthier

Préface de Marie-José Jolivet

320 pages
ill. noir et blanc
16 x 24 cm
26 €

CTHS Histoire n° 45



La province antiquaire L'invention de l'histoire locale en France (1800-1870)

Odile Parsis-Barubé

464 pages
15 x 22 cm
28 €

CTHS Histoire n° 43



Hommes de la vigne et du vin

Sous la direction de Sophie Delbrel
et Bernard Gallinato-Contino

208 pages
ill. noir et blanc
15 x 22 cm
20 €

* ventes@cths.fr * vente en librairie ou sur notre site : www.cths.fr * Distribution SODIS *

Préhistoire

Des Américains antérieurs à la culture de Clovis

Un atelier de taille d'outils en pierre, retrouvé dans le Texas, indique que des chasseurs-cueilleurs vivaient en Amérique avant l'apparition de la « culture de Clovis », qui caractérisait jusqu'ici les plus anciennes traces humaines connues sur ce continent.



Ci-dessus, une femme appartenant à la culture de Clovis revient de la pêche (restitution d'artiste). Cette culture, nommée d'après un site texan, est apparue dans toute l'Amérique du Nord il y a 13 000 ans et passait pour la première culture amérindienne. Ses pointes de flèche et de lance bifaciales en forme de feuille (*au milieu*) sont l'une de ses caractéristiques. On est désormais certain que la culture de Clovis a évolué à partir de cultures plus anciennes, qui produisaient des outils lithiques très différents (*à droite*).

Un site préhistorique texan change le scénario du peuplement des Amériques par l'homme.

Depuis une trentaine d'années domine le modèle du *Clovis first*, c'est-à-dire l'idée que les premiers humains de ce continent étaient les porteurs de la culture de Clovis. Ce type d'industrie lithique, apparu après la dernière glaciation il y a quelque 13 000 ans, se caractérise notamment par de magnifiques pointes bifaciales, qui rappellent les productions lithiques des Solutréens, la culture qui occupait l'Ouest de l'Europe pendant la glaciation. Les preuves de l'apparition en Amérique de cultures antérieures à Clovis s'accumulaient depuis quelques années. Mais les tenants du *Clovis first* les trouvaient toujours douteuses, leurs datations étant discutables.

Les fouilles de l'équipe de Michael Waters, de l'Université du Texas A&M, sur les rives du ruis-

seau Buttermilk au Texas, changent la donne. Là, non loin d'un site Clovis, des groupes de chasseurs-cueilleurs sont venus pendant des millénaires tailler des galets de silex, épars dans les environs, afin d'en tirer outils et autres microlames pour découper les carcasses ; à chaque passage, ils ont laissé des milliers d'éclats, que les crues régulières ont ensuite recouverts.

Un empilement stratigraphique s'est ainsi constitué : tout en bas, une couche riche en outils n'appartenant pas à la culture de Clovis ; ensuite, plusieurs strates intermédiaires contenant des outils pré-Clovis ; puis une couche caractéristique de la culture de Clovis ; et ainsi de suite jusqu'à la Préhistoire tardive. Comme toutes ces couches ne contiennent aucun résidu organique, les chercheurs les ont datées par luminescence stimulée optiquement. Cette méthode permet de déduire, de l'énergie lumineuse encore pié-

gée dans les grains de quartz et de feldspath contenus dans l'argile, la date de la dernière exposition de ces grains au soleil. La couche située à la base de la pile remonte à quelque 15 500 ans, c'est-à-dire plus de 2 000 ans avant les premières traces matérielles de la culture de Clovis.

Le site confirme que l'on ne s'était pas trompé en datant d'avant Clovis plusieurs assemblages lithiques trouvés en Pennsylvanie, Wisconsin, Oregon, Floride et au Texas. À Buttermilk, un détail frappe : les outils provenant des couches intermédiaires, précédant la couche Clovis, ont été façonnés par réduction bifaciale, une technique proche de celle développée plus tard par la culture de Clovis. Cela suggère une continuité entre la culture de Clovis et celles qui l'ont précédée. Désormais, la question est : qui étaient ces prédécesseurs ?

→ François Savatier

Science, vol. 331, pp. 1599-1603, 2011

Climatologie

Traînées d'avions et réchauffement



© Shutterstock/Lens Meyer

Les traînées de condensation laissées par les avions contribueraient de façon positive à l'effet de serre, mais de combien ? Les estimations étaient jusqu'ici peu précises et controversées. Ulrike Burkhardt et Bernd Kärcher, de l'Institut de physique de l'atmosphère de Wessling, en Allemagne, viennent de publier une étude détaillée de l'effet de ces sillages sur le bilan radiatif de la Terre.

Ces chercheurs ont intégré à un modèle climatique global un module qui simule l'évolution des traînées de condensation et leur effet. Les traînées ne disparaissent pas toujours vite. Selon les conditions météorologiques, elles peuvent se transformer en quelques heures en nuages ténus qui ressemblent à des cirrus et qui couvrent de grandes étendues. D'après les modélisations de U. Burkhardt et B. Kärcher, la couverture nuageuse due aux traînées de condensation, qui pourrait atteindre dix pour cent du ciel au-dessus de l'Europe centrale, réchaufferait la planète d'environ 30 milliowatts par mètre carré. Un effet supérieur à celui lié aux émissions de dioxyde de carbone par les avions !

→ Maurice Mashaal

Nature Climate Change, vol. 1, en ligne, 29 mars 2011

En bref

FOSSILE À DENTS DE SABRE

Un herbivore fossile vieux de 260 millions d'années, découvert au Brésil, se révèle être une espèce clef dans l'évolution des mammifères. *Tiarajudens eccentricus* avait des dents postérieures présentant une occlusion, caractéristique de la mastication d'herbes, et une paire de dents de sabre, cas unique chez les herbivores. Ce spécimen remet en question le statut déjà incertain des dents de sabre comme précurseurs des grandes canines ou des défenses, alors que les descendants de cette espèce ont développé les deux.

VIVRE VIEUX... ET STÉRILE !

On savait que la suppression des cellules germinales, à l'origine des gamètes, allonge la durée de vie des vers *Caenorhabditis elegans*. Des biologistes ont découvert que le maître d'œuvre de ce phénomène est le gène *nhr-80*. Il code un récepteur nucléaire qui, une fois activé, modifie l'expression d'autres gènes, dont *fat-6*. Celui-ci code une enzyme du métabolisme des lipides, ce qui place ces derniers au cœur des relations entre reproduction et durée de vie.

NEZ OU PAS NEZ...

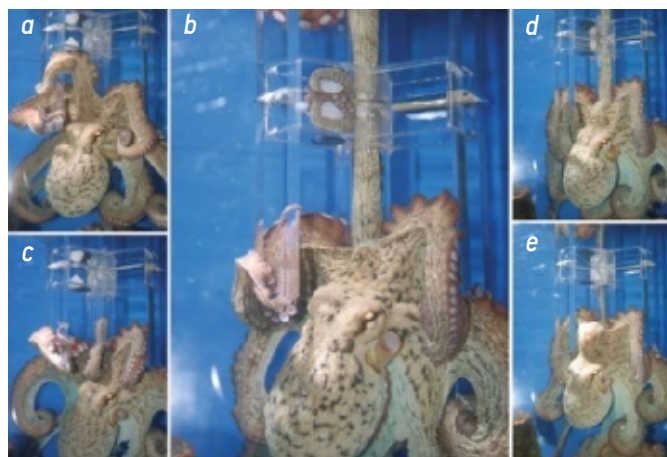
Peut-on combiner mentalement des odeurs et aboutir à de nouvelles fragrances ? Oui, à condition de s'entraîner, montrent des chercheurs de Lyon et Grenoble en comparant l'activité cérébrale de « nez » parfumeurs et d'apprentis. Les experts développent une telle capacité à imaginer les odeurs que, lors de cette tâche, ils mobilisent moins certaines régions cérébrales impliquées dans l'olfaction et la mémoire que les débutants. Si les prédispositions sont variables au départ, l'expertise se cultive.

Biologie animale

Tentacules et vision : la pieuvre par huit

Un simple geste, attraper une tasse de café par exemple, cache une grande complexité : d'abord, votre système visuel repère l'objet, code sa position, puis votre cerveau, via divers signaux, commande à vos muscles des mouvements coordonnés qui conduisent votre main à l'anse, puis la tasse à votre bouche. Pour accomplir cette action, un bras dispose de quelques degrés de liberté, au niveau de l'épaule, du coude, du poignet... Dès lors, comment s'y prend une pieuvre qui a huit tentacules, chacun étant suffisamment flexible (il n'y a pas d'ossature) pour autoriser une quasi-infinité de degrés de liberté ? Cette anatomie transforme en défi le contrôle visuel des mouvements par le céphalopode, au point que certains biologistes l'en pensaient dépourvu. Les travaux de Tamar Gutnick, de l'Université hébraïque de Jérusalem, et ses collègues contredisent cette idée.

Ils ont placé une pieuvre commune (*Octopus vulgaris*) dans un aquarium et lui ont proposé un récipient transparent en forme d'étoile à trois branches. Un ten-



Une pieuvre commune (*Octopus vulgaris*) glisse un tentacule dans un tube de verre qui se ramifie en trois voies, dont l'une contient un aliment.

T. Gutnick et al.

tacule pouvait y pénétrer par le centre, via un tube, et avait ensuite le choix entre trois directions. À chaque expérience, un aliment était placé, aléatoirement, à l'une des trois extrémités et indiqué par un disque noir.

La plupart des pieuvres ont appris à associer cette marque à la présence de nourriture et dirigeaient leur membre directement vers le bon compartiment. L'usage

de la vision a été confirmé par le fait que les performances des céphalopodes étaient inférieures avec un récipient opaque.

Reste maintenant à déterminer si la pieuvre sait dès le départ où diriger son tentacule ou si elle procède par des réajustements permanents de la position du membre en fonction de l'objectif.

→ Loïc Mangin

Current Biology, vol. 21, pp. 460-462, 2011

Géophysique

Réchauffement magmatique rapide

Lorsqu'un volcan s'endort, le magma se refroidit dans la chambre magmatique, à quelques dizaines de kilomètres de profondeur. L'arrivée de magma profond peut réveiller le volcan. Alain Burgisser, de l'Institut des sciences de la Terre d'Orléans, et un collègue américain ont montré que ce phénomène peut se dérouler en quelques mois.

Refroidi, le magma forme une pâte visqueuse. Lorsque du magma profond arrive sous la chambre, celle-ci se réchauffe par conduction thermique. Dans l'ancien modèle, seul ce mécanisme très lent intervenait, fluidifiant la chambre en plusieurs siècles. Or lorsqu'il se réchauffe,

le magma devient moins visqueux et moins dense. Une couche instable apparaîtrait : elle se déformerait et créerait une colonne de magma chaud, plus léger, qui remonterait par convection, ce qui accélérerait le réchauffement de la chambre. Le contenu redeviendrait fluide en quelques années, voire quelques mois (selon la température du magma profond et la viscosité du magma de la chambre).

Le modèle a été appliqué notamment à l'éruption de 1991 du Pinatubo, aux Philippines. En recréant les conditions extrêmes de la chambre magmatique (900 °C, 2 000 bars), les volcanologues ont mesuré la viscosité

du magma et en ont déduit la vitesse de sa remobilisation. Ils en ont conclu que la chambre magmatique du Pinatubo se serait réchauffée en 20 à 80 jours, contre plus de cinq siècles dans le modèle classique. Un résultat que corrobore un réexamen de l'enregistrement des secousses sismiques avant l'éruption : les géophysiciens y ont décelé deux mois avant l'éruption des ondes indiquant, selon eux, l'arrivée de la lave profonde. Si ces résultats précisent comment se réveille un volcan, d'autres facteurs contrôlent l'éruption elle-même.

→ Guillaume Frasca

A. Burgisser et al., *Nature*, vol. 471, pp. 212-215, 2011



L'éruption du Pinatubo, en 1991. Une éruption est précédée du réchauffement de la chambre magmatique, qui serait beaucoup plus rapide qu'on ne le pensait.

182 : c'est le nombre d'articles publiés en 2010 par *Nature* et ayant des auteurs du CNRS ; l'organisme français se classe ainsi deuxième, derrière l'Université Harvard.

Médecine

Mieux soigner les épilepsies infantiles

Sur les 50 millions d'épileptiques dans le monde, la moitié sont des enfants et, parmi eux, les bébés sont les plus nombreux. Pour stopper les crises d'épilepsie du nourrisson, on utilise deux molécules : le valium et le phénobarbital. Mais ce traitement devient peu efficace après plusieurs crises, voire les aggrave. Une équipe de l'Ins-

titut de neurobiologie de la Méditerranée (INSERM 901/Université de la Méditerranée), à Marseille, vient de montrer pourquoi le traitement devient inapproprié et propose une solution.

L'épilepsie se manifeste par des crises récurrentes dues à une activité électrique excessive du cerveau. Ces décharges sont provoquées par un fort déséquilibre des

charges reçues par les neurones sous la forme d'ions. Le traitement bloque les crises en renforçant l'action du GABA, un médiateur de l'inhibition cérébrale. Dans des conditions normales, le GABA provoque l'entrée d'ions chlore – chargés négativement – dans le neurone en se fixant sur son récepteur GABAR (une molécule canal), ce qui maintient la cellule sous le seuil d'excitabilité.

En déclenchant des crises dans des structures cérébrales de rat, les neurobiologistes ont montré que le GABA remplit son rôle inhibiteur lorsqu'il est utilisé au début des crises, et que le phénobarbital facilite cette action. En revanche, après plusieurs crises, le chlore s'accumule dans les neurones et le GABA finit par déclencher une sortie massive de chlore – sortie renforcée par le phénobarbital

(la molécule amplifie l'action du GABA quelle qu'elle soit).

En outre, l'accumulation de chlore est due à deux effets : au fil des crises, le transporteur KCC2, un canal exportateur de chlore, fonctionne moins bien, tandis que NKCC1, un transporteur importateur de chlore, fonctionne toujours. L'action inhibitrice du GABA (et donc le rôle premier du phénobarbital) pourrait ainsi être renforcée soit en protégeant KCC2, soit en diminuant l'activité de NKCC1. Si la première piste est en friche, la seconde est déjà prometteuse : des diurétiques agissent en bloquant les transporteurs NKCC1 des reins. Prescrits précocement avec le phénobarbital, ils pourraient préserver son action et empêcher l'aggravation des crises.

→ Marie-Neige Cordonnier

R. Nardou et al., *Brain*, en ligne, 24 mars 2011



Mathématiques

Le prix Abel 2011
attribué à John Milnor

Le prix Abel, de l'Académie norvégienne des sciences et des lettres, récompense chaque année depuis 2003 un mathématicien. Il se veut l'équivalent du prix Nobel pour les mathématiques (les médailles Fields, décernées tous les quatre ans, sont réservées à des mathématiciens âgés de moins de 40 ans). Cette année, c'est l'Américain John Milnor, de l'Université de Stony Brook, qui est distingué pour « ses découvertes pionnières en topologie, géométrie et algèbre ».

Beaucoup de ses travaux concernent la topologie et la géométrie des « variétés ». Une variété de dimension n est un objet mathématique qui, au voisinage de chaque point, peut être assimilé à un espace euclidien de dimension n (espace noté $\mathbb{R}^n$). Ainsi, une surface ordinaire constitue une variété de dimension deux, plongée dans l'espace de dimension trois. Mais on peut aussi concevoir des variétés de dimension 2, 3 ou n sans qu'il y ait un espace de dimension supérieure où la variété est plongée. Une variété fondamentale est la sphère de dimension n ; par exemple, la sphère unité de dimension trois est l'ensemble des points de coordonnées

(x_1, x_2, x_3, x_4) vérifiant $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 1$; il n'y a que trois coordonnées indépendantes, et c'est pourquoi la dimension de la variété est trois.

En 1956, en étudiant la sphère de dimension sept, J. Milnor a découvert un objet mathématique exotique : une variété qui est homéomorphe à la sphère de dimension sept, mais qui ne lui est pas difféomorphe, situation inexistante en dimension inférieure et qui était très inattendue. En termes moins techniques, cela signifie que cette variété peut être transformée continûment (sans déchirures) en une sphère, mais que la transformation comporte nécessairement des changements brutaux (la transformation n'est pas différentiable).

« La découverte de J. Milnor a ouvert un nouveau chapitre des mathématiques, la topologie différentielle en grande dimension », souligne Valentin Poenaru, mathématicien de l'Université Paris-Sud et spécialiste du domaine. Depuis, J. Milnor a montré avec le mathématicien français Michel Kervaire (décédé en 2007) que la sphère de dimension sept a 28 structures différentiables distinctes, que ce nombre est égal à 2 en dimension huit, à 8 en dimension neuf, à 6 en dimension dix, à 992 en dimension 11, etc. Cette suite de nombres est reliée à d'autres phénomènes topologiques ainsi qu'à certains domaines de la théorie des nombres.

Ces travaux et bien d'autres, qui portent sur la topologie algébrique (propriétés de la sphère, des nœuds...), sur l'algèbre (rythme de croissance d'un groupe engendré par concaténation d'un nombre fini d'éléments), sur la dynamique holomorphe (étude de l'itération d'applications définies sur les nombres complexes), etc., font de J. Milnor l'un des grands mathématiciens du XX^e siècle.

→ M. M.

<http://www.abelprisen.no/en/prisovinnere/2011/>


John Willard Milnor est âgé de 80 ans. Une médaille Fields lui a été décernée en 1962.



Ligue
Européenne
Contre la
Maladie d'Alzheimer



APPEL A CANDIDATURE POUR DES BOURSES POUR LA RECHERCHE BIOMEDICALE ET CLINIQUE FONDAMENTALE SUR LA MALADIE D'ALZHEIMER

La Ligue Européenne Contre la Maladie d'Alzheimer (LECMA) octroie des bourses pour la recherche scientifique sur la maladie d'Alzheimer destinées aux scientifiques d'institutions et universités françaises.

Les demandes de **bourse standard** sont acceptées à concurrence de 80 000 € pour deux ans avec un maximum de 40 000 € par an.

Les demandes de **bourse pour des projets pilotes** par de jeunes chercheurs sont acceptées à concurrence de 40 000 € pour deux ans avec un maximum de 20 000 € par an. Seuls les chercheurs avec une thèse de Sciences achevée au plus tard en novembre 2011 et ayant un maximum de 6 ans d'expérience en recherche scientifique sont éligibles.

Les candidatures pour des projets franco-allemands et franco-hollandais peuvent être déposées par des chercheurs en France, en Allemagne ou aux Pays-Bas. La valeur ajoutée de ces projets coopératifs doit être significative dans le domaine de recherche proposé. Les dossiers de candidature peuvent être envoyés à LECMA ou aux associations partenaires allemande ou hollandaise.

Les subventions accordées seront mises à disposition à partir de novembre 2011.

La date limite d'envoi des lettres d'intention est le **14 mars 2011**. Elles doivent être rédigées en anglais et envoyées à : e.wiese@alzheimer-research.eu. Un original et une copie doivent être envoyés à : Ligue Européenne Contre la Maladie d'Alzheimer 94 rue La Fayette, 75010 Paris.

Des informations complémentaires et le formulaire de lettre d'intention sont accessibles sur :

www.maladiealzheimer.fr

Pour toute question, merci de contacter le Dr Ellen Wiese, PhD (coordinatrice scientifique internationale) au :

+ 49-211-86-20-66-21

ou par email :

e.wiese@alzheimer-research.eu

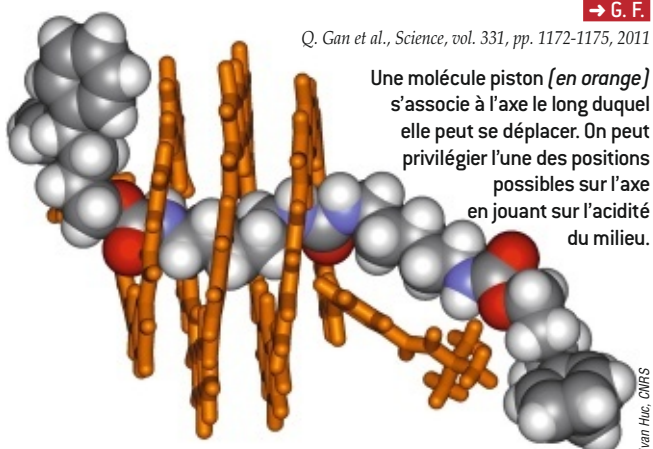
Depuis sa création en 2005, LECMA a financé 21 programmes de recherche pour un montant total de plus de 1,2 million d'euros.

Nanosciences

Un piston lilliputien

Un moteur peut transformer l'énergie chimique en énergie mécanique. L'équipe d'Ivan Huc, à l'Université de Bordeaux, et ses collègues chinois ont créé sur ce principe un piston moléculaire. Une molécule en forme d'hélice s'enroule autour d'un axe, une chaîne carbonée portant des atomes d'azote et dont les extrémités volumineuses bloquent la molécule hélicoïdale – le piston. Le couple, consolidé par des liaisons hydrogène, s'assemble spontanément dans les conditions expérimentales mises au point par ces chimistes. Le moteur assemblé, encore fallait-il l'actionner, ce qui a été obtenu en modifiant l'acidité du milieu. L'axe porte deux régions où le piston peut s'ancrer grâce à des liaisons hydrogène. Quand le milieu devient plus acide, une position acquiert une charge positive : le piston ne peut plus s'y fixer et se déplace vers l'autre site, neutre, distant d'environ un nanomètre (le moteur moléculaire mesure environ trois nanomètres). On peut imaginer des applications pour ce système : mis en série, ces moteurs se comprimeraient simultanément, offrant un équivalent de la contraction musculaire.

→ G. F.

Q. Gan et al., *Science*, vol. 331, pp. 1172-1175, 2011

Chimie

Manuscrits et oxygène

Utilisées du Moyen Âge au début du XX^e siècle pour l'écriture, les encres ferrogalliques altèrent le papier, qui devient brun et cassant au fil du temps : ses fibres de cellulose se rompent. Des chimistes du Centre de recherche sur la conservation des collections (MNHN/CNRS/MCC), à Paris, et de l'Université d'Anvers se sont interrogés sur la cause de cette dégradation. Est-elle due à l'hydrolyse de la cellulose, favorisée par l'humidité et l'acidité de l'encre, ou à son oxydation, provoquée par l'oxygène ambiant et exacerbée par la présence d'ions ferreux (Fe^{2+}) dans l'encre ?

En mesurant le degré de polymérisation de la cellulose – un indicateur de la longueur moyenne des molécules – sur des papiers modèles placés sous diverses conditions d'humidité et d'oxygénation, les chercheurs ont montré que la dégradation est seulement corrélée à la présence d'oxygène : les molécules de cellulose sont moins coupées quand la teneur en oxygène est inférieure à 0,1 pour cent. Reste à préciser le seuil d'oxygène au-dessous duquel la dégradation du papier peut être stoppée.

→ M.-N. C.

V. Rouchon et al., *Analytical Chemistry*, vol. 83 (7), pp. 2589-2597, 2011

Biophysique

Modéliser le fonctionnement d'une cellule

Et si les lois qui gouvernent les mécanismes cellulaires étaient plus simples qu'on ne le pensait ? Pourrait-on décrire le fonctionnement d'une cellule vivante en utilisant des lois de la physique ne faisant intervenir que des grandeurs électromagnétiques ? Ce pari repose sur le fait que la plupart des mécanismes à l'œuvre dans une cellule font intervenir des échanges de particules chargées. L'hypothèse a été discutée lors d'une rencontre tenue en mars 2011 à l'École polytechnique, à l'instigation de Laurent Schwartz, cancérologue à l'Hôpital universitaire Pitié-Salpêtrière.

Un pas dans cette voie a en effet été franchi par son équipe, qui associe mathématiciens, biologistes, biophysiciens et médecins. Elle a conçu un nouveau modèle électrophysiologique des cellules eucaryotes, c'est-à-dire celles dotées d'un noyau. Un système d'équations différentielles y décrit les relations entre le potentiel transmembranaire (la différence de potentiel électrique qui règne de part et d'autre de la membrane cellulaire), les flux d'ions à travers cette membrane et le volume de la cellule.

C'est la première fois qu'un modèle rend compte des interactions de ces trois grandeurs, qui jouent un rôle important dans la vie cellulaire. Il va au-delà de modèles précédents qui considé-

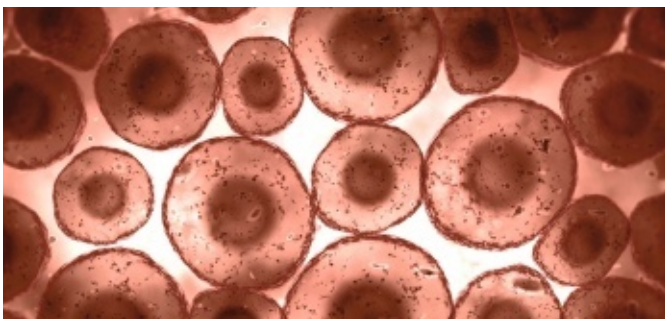
raient soit que le volume cellulaire était constant, soit que la régulation osmotique (ajustement de la concentration d'ions à l'intérieur de la cellule en fonction de la concentration extérieure) s'effectuait instantanément.

Mais le nouveau modèle fait encore mieux : il décrit l'évolution au cours du temps (de quelques secondes à quelques minutes) du volume d'une cellule après un choc osmotique (changement brusque de la différence de concentration des ions de part et d'autre de la membrane cellulaire), ce dont aucun modèle n'était capable jusqu'à présent. Les résultats ont été validés sur des cellules animales cultivées *in vitro*. « Les prévisions du modèle sur l'évolution de la taille de la cellule, qui se stabilise en quelques minutes, sont en parfait accord avec les observations », précise en outre Clair Poinard, de l'INRIA Bordeaux-Sud-Ouest, l'un des deux mathématiciens et informaticiens de l'équipe.

Certes, le modèle reste rudimentaire : il n'intègre qu'une petite partie des mécanismes cellulaires. Mais si l'intérêt de cette voie de recherche se confirmait, on pourrait modéliser de façon bien plus simple le fonctionnement de la cellule, par exemple la division cellulaire, fait remarquer L. Schwartz.

→ Danielle Duran

European Biophysics Journal, vol. 40(3), pp. 235-246, mars 2011



Un modèle simple rend compte de la variation du volume d'une cellule en fonction du potentiel électrique et des flux d'ions à travers la membrane.



Vous recherchez pour votre enfant des vacances originales, enrichissantes et sûres ? Des "colonies de vacances" vraiment différentes, sur une multitude de thèmes passionnants ? Ou des séjours linguistiques efficaces et ludiques ? Ou encore des séjours sportifs à teneur garantie en imaginaire et en découverte ? Votre solution a un nom : Telligo, leader des vacances à thèmes pour les 4-18 ans...

Nos 3 points forts

1. Des contenus enrichissants

Tous nos séjours – qu'ils soient scientifiques, artistiques, sportifs, linguistiques... – sont construits autour de sujets passionnants. Si vous recherchez pour votre enfant des vacances intelligentes avec des jeunes qui lui ressemblent, vous aurez l'embarras du choix parmi nos 122 thèmes différents (dont 22 nouveautés), proposés à près de 350 dates, dans 20 pays différents répartis sur tous les continents.

2. Tous les ingrédients des vacances

L'après-midi est – le plus souvent – consacré à la détente. Le grand jeu de milieu de séjour permet aux animateurs de dévoiler tous les talents, et aux enfants de lâcher la bride à leur imaginaire. Enfin, chaque soir, une veillée toujours différente ponctue la journée. C'est cet équilibre subtil entre détente et ateliers qui fait des séjours Telligo de vraies vacances !

3. Objectif : votre tranquillité d'esprit

Un taux d'encadrement d'1 animateur pour 5 à 8 jeunes selon l'âge et la gamme de séjours, des procédures très rigoureuses (notamment en matière d'activités sportives, de recrutement, d'hygiène de vie...), des nouvelles quotidiennes sur le web (sauf sur les séjours "Primo" et certains séjours à l'étranger), etc. : notre Charte de qualité et de sécurité garantissent la fiabilité de nos prestations. Nous vous garantissons aussi des tarifs, fermes et définitifs, même, pour les séjours à l'étranger, en cas de variation du cours des devises ou de hausse des taxes d'aéroport.

3 moyens pour recevoir nos catalogues :

- Tél. : 01 46 12 18 50 (lun.-ven. de 9h à 18h30, sam. de 9h à 13h)
- WEB : www.telligo.fr

- Renvoyez le coupon ci-contre (ou recopiez-le) à :

Telligo - 1 rue de l'Égalité 92227 BAGNEUX CEDEX

Telligo - SAS au capital de 1 440 000 €
RCS Nanterre 522 047 893 - APE : 7911Z
Immatriculation N° 104092700053 auprès du Régistre
des Opérateurs de Voyages et de Séjours
Assurance RC professionnelle HSCOX N°75 833

Je souhaite recevoir le catalogue des séjours été et Toussaint 2009

Nom : Prénom :
Adresse :
CP : Ville :
Année(s) de naissance du
(ou des) jeunes (s) :

PLS411

Continuement à la fabrication et à la distribution des catalogues Telligo, nous déposons des droits de propriété intellectuelle sur la conception et la suppression de données vous concernant. Nous nous réservons le droit de les utiliser à l'avenir. Telligo - 1 rue de l'Égalité - 92227 BAGNEUX CEDEX

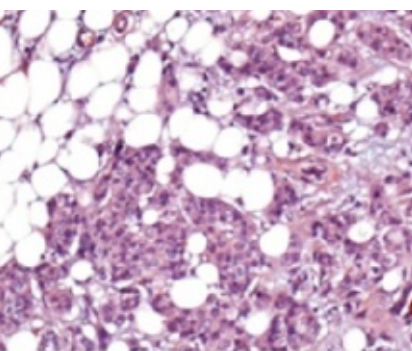
En bref

NOCIFS AUSSI, LES UV A

Des chimistes français ont montré que les rayons ultraviolets de type A excitent la molécule d'ADN et favorisent ainsi la formation de liaisons chimiques entre certaines bases de l'ADN, notamment quand celui-ci est sous forme de double hélice. Des mutations dans le génome – porté par l'ADN – en découleraient, ce qui pourrait provoquer des cancers, notamment de la peau si celle-ci est trop exposée au soleil. On en conclut que pour les gènes, les ultraviolets A seraient aussi nocifs que les ultraviolets B.

PRÉHISTOIRE INDIENNE

L'homme est présent en Inde du Sud depuis au moins 1,07 million d'années. C'est ce qui ressort des travaux d'une équipe franco-indienne. Sur le site d'Attirampakkam, cette dernière a mis au jour 3 528 outils de quartzite taillés selon la technique acheuléenne, et les a datés en analysant le paléomagnétisme et la composition isotopique. Caractérisée par des haches bifaces et des hache-reaux, la taille acheuléenne s'est développée en Afrique il y a 1,7 million d'années, puis diffusée en Europe et en Asie.



Les cellules graisseuses (taches blanches) à proximité de cellules cancéreuses (en mauve) présentent des caractéristiques particulières.

Astrophysique

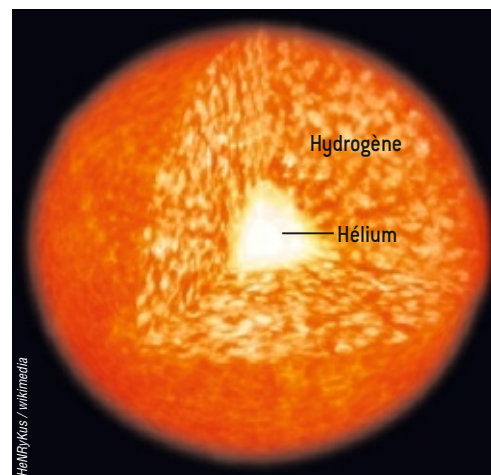
Le cœur des géantes rouges dévoilé

Dis-moi comment tu vibres, je te dirai ce que tu brûles. En observant les vibrations de la surface d'étoiles géantes rouges, les astrophysiciens de la collaboration KASC (*Kepler Asteroseismic Science Consortium*) ont sondé pour la première fois leur cœur, et montré que la signature sismique permet de distinguer celles qui brûlent uniquement de l'hydrogène de celles brûlant aussi de l'hélium.

Après avoir épuisé l'hydrogène dans leur cœur, les étoiles commencent en effet à brûler celui des couches plus externes, ce qui dilate l'étoile : elle devient une géante rouge. Par la suite, l'hélium peut entrer en fusion dans le cœur. Cependant, l'aspect de l'étoile reste inchangé. Comment distinguer les deux phases ? Grâce à l'« astérosismologie ».

Les étoiles sont parcourues d'ondes sismiques. Parmi elles, des modes de vibration dits mixtes couplent une composante qui se propage dans les régions internes et nous renseigne sur la structure profonde de l'étoile (mode G), et une composante décelable en surface (mode P).

Les scientifiques ont réussi à distinguer ces modes mixtes dans les spectres d'oscillation de près de 400 géantes rouges observées par le satellite *Kepler*. Deux groupes d'étoiles sont apparus : dans le premier, les écarts entre les périodes des modes mixtes successifs sont de 50 à 60 secondes, tandis que le



Vue d'artiste de la structure d'une géante rouge, où la fusion nucléaire de l'hélium est amorcée dans le cœur, tandis que l'hydrogène brûle dans des couches plus externes.

second est caractérisé par des périodes espacées de 100 à 300 secondes.

Les espacements des modes mixtes reflétant partiellement la structure profonde, cela implique l'existence de deux types de cœurs stellaires différents. D'après les modèles, les étoiles à courte séparation des périodes brûleraient de l'hydrogène dans des couches extérieures, tandis que les étoiles avec une longue séparation de périodes seraient à un stade plus avancé, où la fusion de l'hélium s'est amorcée dans le cœur.

→ Philippe Ribeau-Gésippe

T. R. Bedding et al., *Nature*, vol. 471, pp. 608–611, 2011

Biomédecine

Cellules graisseuses et cancer du sein

Le cancer du sein frappe plus d'une femme sur 1 000 chaque année. On a récemment montré que dans ce cancer, l'obésité augmentait les risques de dissémination des cellules cancéreuses. Pourquoi ? Les équipes de Catherine Muller et de Philippe Valet, à l'Université Paul Sabatier de Toulouse, ont montré que les cellules graisseuses (ou adipocytes) proches des tumeurs favorisent la dissémination de ces dernières, donc la formation de métastases.

Le cancer du sein naît dans les « lobes » du sein entourés de cellules graisseuses. Les biologistes ont mis en culture, au laboratoire,

des cellules tumorales avec des adipocytes et ils ont montré que les cellules cancéreuses ont des caractéristiques invasives en présence des adipocytes. Dans ces conditions, les adipocytes ont un aspect particulier et sécrètent notamment des facteurs pro-inflammatoires, telle l'interleukine 6. D'ailleurs, *in vitro*, cette molécule seule suffit à rendre métastatiques les cellules cancéreuses.

Chez la femme, les biologistes ont montré que ces adipocytes particuliers se retrouvent aussi autour de la tumeur. Et pour les patientes ayant les plus grosses tumeurs et des métastases, les quantités d'interleukine 6 expri-

mées par les adipocytes sont plus importantes.

Ainsi, les adipocytes acquièrent des caractéristiques spécifiques à proximité d'une tumeur mammaire et favorisent sa dissémination. Or la quantité de cellules graisseuses autour des lobes du sein dépend de facteurs génétiques et de la corpulence de la femme... Bien que l'on ignore les déterminants du « dialogue » entre les adipocytes et les cellules cancéreuses, il semble clair que la masse graisseuse augmente le risque de dissémination du cancer.

→ Bénédicte Salthun-Lassalle

B. Dirat et al., *Cancer Research*, 1^{er} avril 2011

OBSERVATOIRE DE PARIS

FORMATIONS EN ASTRONOMIE ET ASTROPHYSIQUE



L'Observatoire de Paris propose aux étudiants, aux amateurs d'astronomie, professeurs des écoles, collèges et lycées, différentes formations en Astronomie et Astrophysique.

MASTER À L'OBSERVATOIRE

SCIENCES DE L'UNIVERS ET TECHNOLOGIES SPATIALES

<http://master.obspm.fr/>
contact.master@obspm.fr

L'Observatoire de Paris propose un master spécialisé dans les Sciences de l'Univers et les Technologies Spatiales pour préparer aux métiers de la recherche et de l'ingénierie dans le domaine de l'astrophysique. Formations aux outils et techniques de pointe du spatial, en partenariat avec des universités d'Ile de France



ASTRONOMIE POUR LES ENSEIGNANTS

<http://formation-professeurs.obspm.fr/>

Travaux pratiques, enseignements théoriques pour les enseignants. Observations. Formations aux technologies de l'informatique et de l'Internet pour l'enseignement de l'astrophysique.

contact.formation-professeurs@obspm.fr

PARRAINAGES

<http://parrainages.obspm.fr/>

Professeurs des écoles, collèges et lycées, demandez un «parrain» ou une «marraine» astronome de l'Observatoire pour vous conseiller et participer à votre projet concernant l'astronomie.

contact.parrainages@obspm.fr

RENSEIGNEMENTS - INSCRIPTIONS

► <http://ufe.obspm.fr/>

DIPLÔMES D'UNIVERSITÉ À DISTANCE

<http://foad.obspm.fr/>

Formations à distance, sur **Internet**. Diplôme d'Université ou ECTS. Tutorat assuré par des astronomes de l'Observatoire.

«Astronomie et Mécanique Céleste»

Public et étudiants scientifiques.

Niveau Licence (L1)

Du Big Bang aux planètes - Mécanique Céleste, Temps et Calendriers - Phénomènes Soleil, Terre, Lune - Le Soleil - Histoire de l'Astronomie.

contact.amc@obspm.fr

«Fenêtres sur l'Univers»

Public et étudiants scientifiques.

Niveau Licence ou Master (L2, L3, M1) selon les parcours choisis. Mesure de distance et de masse - Instrumentation - Chaîne de mesure et projets.

contact.fsu@obspm.fr

DIPLÔMES D'UNIVERSITÉ EN PRÉSENTIEL

<http://duop.obspm.fr/>

Diplôme d'Université ou ECTS. Cours magistraux, conférences, travaux dirigés et observations, assurés par des astronomes de l'Observatoire.

«Explorer et Comprendre l'Univers»

Public et étudiants scientifiques.

Niveau Licence (L1)

Cours magistraux le mardi de 17h à 20h à l'Observatoire de Paris et stages pratiques : une semaine à l'Observatoire de Meudon et une semaine à l'Observatoire de Haute-Provence. Accès sur le site de la formation aux vidéos des cours filmés.

«Structuration de l'Univers»

Exposés et préparation d'un mémoire.

contact.duop@obspm.fr



UNITÉ FORMATION ET ENSEIGNEMENT

OBSERVATOIRE DE PARIS - 5 PLACE JULES JANSEN - 92195 MEUDON

Astrophysique

Une étoile à 100 °C

La température des étoiles les plus froides est d'environ 3 000 °C. Mais les naines brunes, étoiles trop petites pour que la fusion nucléaire se maintienne dans leur cœur, sont beaucoup plus froides : quelques centaines à quelques milliers de degrés.

Philippe Delorme, de l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble, et ses collègues viennent de découvrir la naine brune la plus froide : sa température est d'environ 100 °C, ce qui en fait l'objet le plus froid hors du Système solaire. L'astre est en orbite autour d'une autre naine brune, découverte en 2010 par la même équipe. Le couple est situé à 75 années-lumière. Cette température place l'astre à la frontière entre les petites étoiles froides et les planètes géantes et chaudes : les seules exoplanètes dont on a pu étudier l'atmosphère sont très chaudes (1 000 à 2 000 °C). À l'opposé, Jupiter et Saturne affichent une température de -150 °C et -190 °C respectivement. Les naines brunes sont à l'heure actuelle les seuls objets observables de température intermédiaire.

→ Ph. R.-G.

M. C. Liu et al., *Astrophysical Journal*, 23 mars 2011

Biologie animale

Tortues à GPS magnétique

Avant l'invention des GPS actuels, on déterminait la latitude grâce aux étoiles, mais la longitude a été un problème jusqu'à l'invention de chronomètres performants, à la fin du XVIII^e siècle. Qu'en est-il des animaux migrateurs ? Plusieurs espèces obtiennent des indications sur leur latitude lors de leurs pérégrinations, mais on pensait la longitude hors de portée du monde animal. Ce n'est pas le cas : Nathan Putman, de l'Université de Caroline du Nord, et ses collègues ont montré que la tortue caouanne (*Caretta caretta*) perçoit la longitude. Des tortues fraîchement écloses, en Floride, ont été placées dans des bassins où étaient reproduites les conditions magnétiques de deux zones (Porto Rico et le cap Vert), situées sur leur route migratoire à travers l'océan Atlantique, à la même latitude (20° Nord), mais à des longitudes différentes. Les premières ont nagé vers le Nord-Est, les secondes vers le Sud-Est, conformément au sens de leur migration. Elles se localiseraient grâce à l'intensité, mais aussi à l'inclinaison du champ magnétique.

→ L. M.

Current Biology, vol. 21, pp. 463-466, 2011

Chimie

Synthèse de molécules *cis*

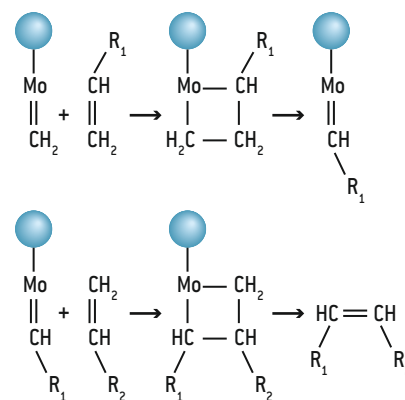
Au sein des molécules organiques, les atomes de carbone sont assemblés par des liaisons dites simples ou multiples. En 2005, Yves Chauvin, Robert Grubbs et Richard Schrock ont reçu le prix Nobel pour avoir mis au point la métathèse d'oléfines, une voie de synthèse où des liaisons doubles s'échangent et créent de nouvelles molécules. L'équipe de Amir Hoveyda, de l'Université de Boston, en collaboration avec R. Schrock, améliore encore la méthode : elle parvient à orienter la métathèse vers une seule des deux conformations, *cis* ou *trans*, que peut prendre la molécule synthétisée.

Chaque atome de carbone d'une liaison double porte deux groupes. Les groupes les plus volumineux peuvent se situer soit de part et d'autre de la liaison double (c'est la forme *trans*), soit du même côté (forme *cis*). Dans la conformation *cis*, ils sont plus proches : en raison de l'encombrement, cette forme est moins stable, donc moins facile à obtenir que la forme *trans*.

La métathèse d'oléfines est une réaction catalytique où l'atome central du catalyseur est en général un atome de ruthénium ou de molybdène (voir la figure). La voie mise au point par les chimistes américains permet de synthétiser la forme *cis* préférentiellement, grâce à un catalyseur original, où

l'atome de molybdène est lié à un atome d'oxygène qui porte un groupe volumineux. Ce dernier repousse les groupes liés aux oléfines du même côté de la double liaison formée par recombinaison des deux oléfines. On obtient la conformation *cis* dans plus de 90 pour cent des cas, avec un bon rendement. Cette métathèse sélective a permis de simplifier la synthèse de la forme *cis* d'un antitumoral, dont l'efficacité biologique est supérieure à celle de la forme *trans*.

→ G. F.

S. Meek et al., *Nature*, vol. 471, pp. 461-466, 2011

Lors d'une métathèse d'oléfines, l'atome de molybdène du catalyseur se lie tout d'abord à une première oléfine (portant un groupe noté R₁), puis à une seconde (groupe noté R₂). Une troisième oléfine portant les deux groupes R₁ et R₂ se forme. Le groupe volumineux (en bleu) permet d'orienter la réaction vers la forme *cis*.

DERNIÈRE minute ...

VIH ET SÉCRÉTIONS GÉNITALES

La concentration de virus du sida dans les sécrétions génitales (sperme chez l'homme, sécrétions au niveau du col de l'utérus chez la femme) d'un individu mesure-t-elle le risque de transmission du VIH à une autre personne ? Cette présomption a été confirmée par une étude internationale portant sur 2 500 couples africains hétérosexuels, dont l'un des partenaires

était séropositif et pas l'autre, après examen des 78 cas de transmission constatés en deux ans.

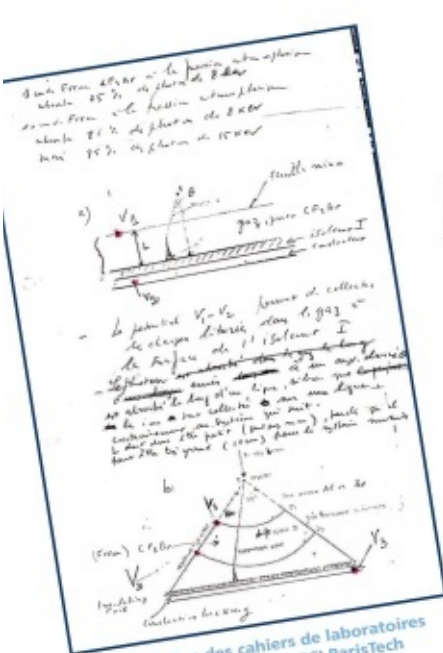
HOLOGRAMMES MULTICOLORES ET STABLES

Satoshi Kawata et ses collègues, au Japon, ont réalisé des hologrammes en couleurs vus en lumière blanche ordinaire et fondés sur une nouvelle technique, mettant à profit les plasmons (excitations électroniques se propageant

à la surface d'un film métallique). Le grand intérêt de cette innovation est que les couleurs ne changent pas en fonction de l'angle de vue, contrairement aux hologrammes colorés existants, tels ceux de nos cartes bancaires.



Retrouvez plus d'actualités et toutes les références sur www.pourlascience.fr



Une page d'un des cahiers de laboratoires de Georges Charpak à l'ESPCI ParisTech
© J. Lewiner/ESPCI ParisTech.

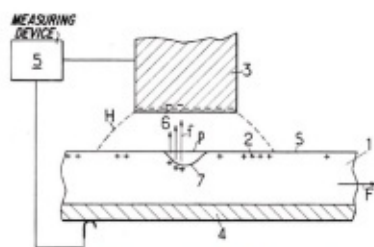


Schéma extrait du brevet international n°4,553,089 déposé par Jacques Lewiner et Georges Charpak (date de priorité : 17 mars 1982) décrivant des dispositifs permettant de mesurer localement les charges dans les diélectriques (à des fins d'imagerie par radiation, par exemple).
© ESPCI ParisTech



Georges Charpak à l'ESPCI ParisTech le 22 octobre 1992, quelques jours après l'annonce de son prix Nobel.
© D. Morisseau/ESPCI ParisTech

Georges Charpak et l'ESPCI ParisTech

Une rencontre prolifique et exemplaire

Georges Charpak (1924 - 2010) a trouvé à l'ESPCI ParisTech un environnement unique qui lui a permis de transformer avec brio ses inventions pionnières en applications révolutionnaires, en particulier dans le domaine biomédical.

Dès 1980, Georges Charpak rejoint en tant que Professeur associé le laboratoire d'Électricité générale dirigé par Jacques Lewiner. Sur ce terrain fertile, où l'innovation se cultive avec passion, le physicien développe les applications des chambres à fils qu'il avait mises au point au CERN. Il en démontre lui-même la portée concrète et captera ainsi l'attention du Comité Nobel. Au laboratoire d'Électricité générale, Georges Charpak déploie une activité prolifique et variée, à la fois en recherche (avec des publications multiples et régulières), en enseignement (dans le cadre du DEA d'électronique et sous forme de conférences passionnées pour les élèves-ingénieurs), dans le domaine de l'innovation (succession de brevets pris avec des chercheurs du laboratoire) et de la création d'entreprises (co-fondation de *Molecular Engines Laboratories*, *Biospace Instruments* (aujourd'hui *EOS Imaging*) et *Supersonic Imagine*).

Georges Charpak était un scientifique exceptionnel : contributeur à part entière de ses inventions géniales, il est le dernier physicien à recevoir un prix Nobel en son nom seul. Authentique pionnier, artisan véritable de ses prototypes, il se faisait le champion de la démarche expérimentale, passerelle indispensable entre la science fondamentale et les applications industrielles. Aussi Georges Charpak restera-t-il une figure emblématique de la pédagogie originale et de la culture scientifique de l'ESPCI ParisTech, et continuera à inspirer des générations d'étudiants et de chercheurs, par son panache et par l'exemple de son immense créativité scientifique.



L'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris est à la fois une Grande École d'ingénieurs originale, un centre de recherche de renommée internationale et un moteur d'innovations pour l'industrie. Fondée en 1882 par le Conseil municipal de Paris, l'ESPCI ParisTech attire depuis plus d'un siècle les plus grands esprits scientifiques novateurs : Pierre & Marie Curie, Paul Langevin, Frédéric Joliot-Curie, Pierre-Gilles de Gennes et Georges Charpak sont autant de noms illustres qui contribuent à la réputation de l'École, en France comme à l'international. Aujourd'hui, l'ESPCI ParisTech est membre fondateur de ParisTech et de Paris Sciences et Lettres.

Retour sur des sujets déjà traités dans nos colonnes

→ LES PALÉO-INDIENS D'ALASKA

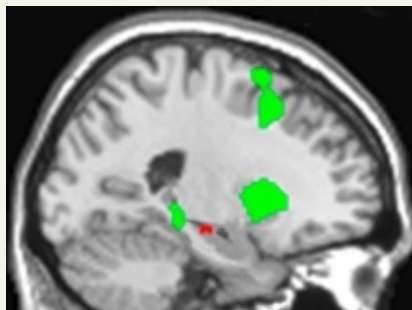
Les premiers hommes auraient foulé le sol américain il y a plus de 20 000 ans; les outils découverts en différents endroits, du Canada jusqu'en Amérique centrale, se ressemblent et les archéologues pensent qu'il y aurait eu une colonisation unique et une culture commune, qu'ils ont nommée Clovis (voir *Les premiers Américains*, *Pour la Science*, novembre 2000). Toutefois, cette hypothèse semble remise en cause par la découverte d'un site de crémation d'un enfant, dans les vestiges d'un foyer vieux de 11 500 ans et situé au centre de l'Alaska, à Upper Sun River (*Science*, février 2011). Les outils en pierre, l'habitation et les restes d'animaux ressemblent davantage à ceux découverts en Sibérie qu'à ceux de la culture Clovis, d'où la nouvelle hypothèse d'une origine plus diversifiée. En outre, ce site semble avoir été saisonnier et utilisé en été, contrairement aux campements temporaires et aux autres sites spécialisés de la culture Clovis. Les habitants se nourrissaient de poissons, d'oiseaux et de petits mammifères et l'enfant âgé de trois ans aurait été brûlé dans une fosse au centre de l'habitation (probablement après sa mort).

→ APPRENDRE EN DORMANT

Le sommeil participe-t-il à la mémoire? Oui, comme le confirme une étude récente de Géraldine Rauchs et de ses collègues, de l'INSERM à Caen et de l'Université de Liège. On savait que le sommeil est réparateur: quand le métabolisme ralentit, les cellules et les minuscules lésions cérébrales sont réparées (voir *Les clés du sommeil*, *Pour la Science*, janvier 2004, <http://bit.ly/plsoer315>). Depuis quelques années, les scientifiques s'accordent en outre sur le fait que le sommeil joue un rôle dans la mémorisation. Mais le sommeil consolide-t-il tout ce qui est perçu dans la journée ou effectue-t-il un tri? Les chercheurs ont demandé à 26 personnes âgées de 23 à 27 ans de retenir des mots, tandis

→ LA FUSION CRÉE DE NOUVELLES PROTÉINES

Au cours de l'évolution, certaines espèces divergent, d'autres convergent par des mécanismes dits de fusion. Le transfert de gènes entre deux espèces différentes est l'un des mécanismes d'évolution par fusion (voir *L'évolution par fusion*, *Pour la Science*, février 2011, <http://bit.ly/plsoer400>). Il est fréquent chez les bactéries et les procaryotes, organismes unicellulaires dont le matériel génétique n'est pas enfermé dans un noyau. Ces micro-organismes changent ainsi de répertoires de protéines en échangeant des gènes avec d'autres individus d'espèces différentes. On croyait jusqu'à présent que le transfert de gènes participait pour 25 pour cent à l'apparition de nouvelles protéines – ayant une fonction ou une structure différente. Mais Todd Treangen et Eduardo Rocha, de l'Institut Pasteur à Paris, ont analysé 110 génomes et 3 190 protéines appartenant à plusieurs espèces de procaryotes (*PLoS Genetics*, janvier 2011). Ils ont montré que plus de 88 pour cent des familles de protéines étudiées avaient évolué par transfert de gènes entre organismes. Et les gènes ainsi acquis restent plus longtemps dans les populations que les nouveaux obtenus par duplication de gènes (dans ce cas, un gène d'un organisme évolue au moment où il se réplique en subissant une ou plusieurs mutations). On aurait donc sous-estimé le rôle du mécanisme de transfert de gènes dans la diversification des protéines.



© Inserm/Université de Liège

L'imagerie par résonance magnétique révèle les régions cérébrales (en vert) qui s'activent davantage pour des mots à retenir que pour des mots à oublier. Et l'hippocampe (en rouge) est plus actif pour les mots qui ont été bien mémorisés chez les sujets ayant dormi.

que d'autres devaient être oubliés, tout en enregistrant par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle l'activité de leur cerveau. La moitié seulement des sujets a dormi après l'expérience, les autres ont été empêchés de dormir pendant la nuit, et les neuroscientifiques ont revu tous les participants trois jours plus tard pour tester leur mémoire (*Journal of Neuroscience*, février 2011). Résultats: l'hippocampe, une région du lobe temporal impliquée dans la mémoire, est plus actif pour les mots qu'il faut retenir. Et il s'active aussi davantage pour les mots mémorisés. En outre, cette activation est plus importante quand

les sujets ont dormi: pour les participants privés de sommeil, le tri se fait moins bien et ils mémorisent plus de mots censés être oubliés. En d'autres termes, plus l'hippocampe est activé pendant l'apprentissage, meilleure sera la mémorisation pendant le sommeil.

→ NETTOYER L'ESPACE

Les débris spatiaux (satellites en fin de vie, étage supérieur des lanceurs, etc.) sont de plus en plus nombreux (voir *Les débris spatiaux*, *Pour la Science*, juillet 2008, <http://bit.ly/plsoer369>). On envisage plusieurs stratégies pour les éliminer, notamment l'ajout de câbles qui freinent l'objet et lui font quitter son orbite. Mais pour accrocher un tel câble sur le débris (dont on ignore la masse), il faut s'en approcher et bloquer sa rotation éventuelle. Deux chercheurs japonais viennent de mettre au point et de tester en laboratoire un algorithme et un bras robotique équipé d'une brosse, qui freinent la rotation propre du débris. Ce dernier est ainsi stabilisé et l'on peut y accrocher le câble de « désorbitation » (*Acta Astronautica*, février 2011).

→ Bénédicte Salthun-Lassalle



SCIENCES SUR SEINE

2011

Jeudi 5 mai à 19h
Débat « Parlons-en! » :
*Lascaux, Versailles,
 Pompéi... :
 peut-on sauvegarder
 notre patrimoine ?*
 Musée du Quai Branly,
 7^e arr. / CNRS

Du 17 au 22 mai
**Les 117 heures
 de la chimie**
*Ateliers, expériences,
 conférences, théâtre...*
 Université Pierre
 et Marie Curie, 5^e arr.

Du 26 au 29 mai
**12^e Salon des Jeux
 mathématiques :**
« Maths et Chimie »
*Quatre jours d'intenses
 activités ludiques !*
 Campus de l'Université
 Pierre et Marie Curie,
 5^e arr. / Comité international
 des Jeux mathématiques

**Samedi 28 mai
 de 21h à minuit**
Nuit du film scientifique
Projections en plein air
 Parvis de l'Hôtel de Ville,
 4^e arr. / Association Science
 et Télévision

**Mercredi 15 juin
 de 21h30 à minuit**
**Soirée d'observation
 de l'éclipse de Lune**
 Parvis du Sacré Cœur,
 18^e arr. / Association
 française d'Astronomie

**Tous les week-ends
 du 4 au 26 juin**
Promenades scientifiques :
*Géologie, astronomie,
 histoire des sciences
 à Paris*
 Dans différents
 arrondissements de Paris
 / Société géologique
 de France / Association
 française d'Astronomie /
 Association Parcours
 des Sciences



Samedi 18 juin
**Les 100 ans
 de la supraconductivité**
*Démonstrations, animations,
 expos, conférences...*
 Collège de France, 5^e arr.
 Société française de physique
 CNRS

...
 et bien d'autres
 manifestations gratuites
 à venir !



POINT DE VUE

Il est urgent de prévenir les troubles de l'audition chez l'adolescent

Les jeunes s'exposent souvent à des bruits « toxiques » qui altèrent leur capacité auditive. Pourtant, quelques règles de prévention simples pourraient éviter cette atteinte.

Michel MONDAIN et Frédéric VENAIL

Beaucoup d'adolescents ont sans arrêt les écouteurs de leur baladeur sur les oreilles. Non seulement cette attitude énerve les adultes qui tentent de communiquer avec eux, mais elle menace aussi leur capital « audition ». Car contrairement à ce que l'on croit souvent, les oreilles des adolescents subissent régulièrement des traumatismes. Ce que l'on ignore aussi, c'est qu'il est possible d'éviter ces troubles de l'audition.

Le son, une onde captée par le pavillon de l'oreille, est transmis par le tympan et les osselets à l'oreille interne. Cette dernière contient des cellules spécialisées, les cellules ciliées, qui transforment le son en un signal électrique transporté par le nerf auditif au cerveau. On dispose à la naissance d'un capital de plus de 19 000 cellules ciliées. Ces cellules ne se renouvellent pas et leur nombre diminue naturellement avec l'âge. Ainsi, certaines personnes âgées deviennent incapables de distinguer les paroles dans le brouhaha : elles sont atteintes de presbycusie. Ces cellules sont aussi endommagées ou détruites par certaines infections ou drogues, et surtout par les traumatismes sonores, auxquels sont souvent exposés les adolescents.

Un son intense et prolongé peut détruire les cellules ciliées, car elles sont stimulées à l'excès. Les adolescents sont de plus en plus exposés aux baladeurs, concerts ou bruits violents : en France, dix pour cent des moins de 25 ans ont une atteinte de l'oreille interne.

Or elle passe souvent inaperçue et n'est donc pas prise en charge.

Les lésions provoquées par un son dépendent de son intensité et de la durée d'exposition. Un bruit peut être traumatique dès que son intensité dépasse 85 décibels si l'exposition est prolongée (au moins deux heures). Plus le bruit est intense, plus il provoque des lésions. On sait que le seuil douloureux est à 130 décibels, mais un baladeur réglé au maximum du volume peut fournir un son de 100 décibels, soit l'équivalent du bruit d'un marteau-piqueur. Et le bruit atteint 105 déci-

cent de sa puissance maximale, fournit entre 72 et 97 décibels de bruit. Si l'écoute au casque diminue la puissance reçue par rapport à un écouteur placé dans le conduit auditif, elle engendre déjà des perturbations, certes minimales mais réelles, de l'audition. Ces troubles peuvent être mesurés par audiométrie par exemple.

Qui plus est, quand on est peu vigilant, on ne perçoit pas forcément qu'un bruit est trop intense ou traumatisant. C'est le cas si l'on est fatigué, que l'on a bu trop d'alcool ou pris d'autres substances ; or c'est un cocktail fréquent lors des soirées entre adolescents.

Lorsque l'oreille subit un traumatisme, les lésions cellulaires sont soit réversibles, soit définitives. Quoi qu'il en soit, l'adolescent présente une déficience auditive, avec une sensation d'oreilles cotonneuses. Les acouphènes, c'est-à-dire la perception d'un bruit ressemblant à un sifflement ou à un bourdonnement, sont fréquents. Plus rarement, l'adolescent peut avoir une hyperacousie douloureuse, une sensation que les sons sont trop intenses et douloureux.

L'apparition d'un ou de plusieurs de ces signes traduit une lésion de l'oreille interne. Elle impose un arrêt immédiat de l'exposition au bruit, et un repos. Si les lésions sont réversibles, tout aura disparu après une nuit de sommeil. Dans le cas contraire, un otorhinolaryngologiste (ORL) doit être consulté très rapidement. Il évalue l'ampleur

SEULE LA PRÉVENTION
permet de protéger
l'audition, et il est grand temps
d'en informer les jeunes.

bels dans les concerts ou les discothèques : c'est le bruit d'une sirène.

Par conséquent, les adolescents sont exposés à des niveaux de bruits « toxiques ». De plus, le deuxième facteur de traumatisme est la durée de l'exposition, et il faut bien reconnaître que les adolescents passent des heures à écouter leur baladeur. En outre, les sons aigus sont plus nocifs que les sons intermédiaires, eux-mêmes plus nocifs que les graves. En 2010, Hannah Keppler et ses collègues, de l'Université de Gand en Belgique, ont montré qu'un baladeur, écouté pendant une heure entre 50 et 100 pour