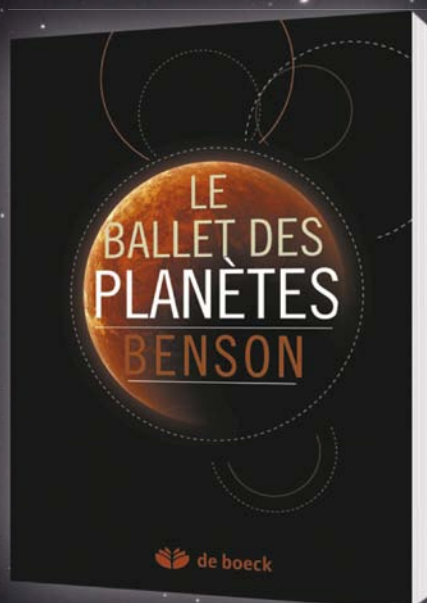


Plaisir des sciences



Le ballet des planètes

De l'élégance mathématique des orbés planétaires

Donald Benson

Traduction de Benoît Clenet

Cet ouvrage décrit la compréhension du mouvement des planètes sous son aspect historique, illustre pourquoi la méthode scientifique a porté ses fruits dans le passé et comment elle fonctionne dorénavant.

Édition 2014 • 17 € • 200 p.

Dessine-moi l'Univers

Cédric Millot, Julien Vandermarlière

Comment les hommes se sont-ils représenté l'Univers à travers les âges ? Ce livre expose de façon simple et claire les mécanismes qui ont permis à la pensée scientifique de naître et d'évoluer de l'Antiquité à nos jours.

Édition 2013 • 15 € • 104 p.



De l'électron à la réaction

Entre forme et déformation

Jérôme Joubert

L'esthétique de la chimie quantique est ici abordée dans une approche qualitative des structures et des phénomènes qui régissent tant notre environnement immédiat que l'autre bout de l'Univers.

Édition 2013 • 29 € • 150 p.

À la recherche de la matière noire

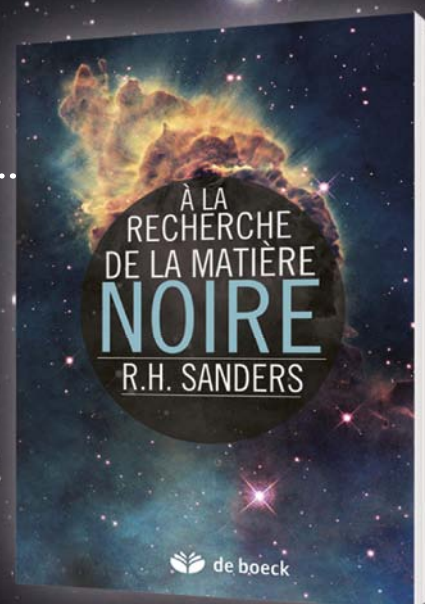
Histoire d'une découverte fondamentale

Robert H. Sanders

Traduction de Benoît Clenet

La matière noire permet de trouver une explication à une multitude d'observations astronomiques. Comment et pourquoi cette forme mystérieuse de matière dans l'Univers s'est-elle imposée jusqu'à devenir le paradigme majeur de l'astrophysique ?

Édition 2012 • 22,50 € • 230 p.



POUR LA SCIENCE

www.pourlascience.fr

8, rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Philippe Ribeau-Gésippe,

Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef adjointe : Bénédicte Salthun-Lassalle

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne, assistée d'Olivier Lacam

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 :

Jean-Philippe Beaulieu, Luca Casacci, Jean-Louis Dufresne,

Eitan Haddock, Cécile Michel, Yvan Pandelé, Christophe Pichon

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(j.f.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

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

Commande de livres ou de magazines :

Pour la Science 628 Avenue du Grain d'Or 41350 Vineuil

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel. : 04 88 15 12 41

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 : Fred Guterl, Ricky Rusting, Philip Yam, Mark Fischetti,

Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix,

Kate Wong. President : Steven Inchcoombe. Executive Vice

President : Michael Florek.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public

français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou

les documents contenus 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 tra-

duction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous

les pays. La marque et le nom commercial

« Scientific American » sont la propriété de

Scientific American, 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 par-

tiellement la présente revue sans autorisa-

tion de l'éditeur ou du Centre français de l'ex-

ploitation du droit de copie (20, rue des

Grands-Augustins - 75006 Paris).



Recherche de traces

Une trace est la présence d'une absence, elle révèle ce qui n'est plus. Certaines, laissées sur le sable ou la terre meuble, sont fugaces. D'autres ont traversé le temps, telles celles, fossilisées, d'animaux disparus.

La pierre est souvent dépositaire des traces du passé. L'argile également. C'est le cas des tablettes cunéiformes gravées il y a quelque 5 000 ans. Les scribes de Mésopotamie écrivaient sur l'argile fraîche au moyen d'un roseau taillé, et l'étude des « brouillons » de tablettes révèle aujourd'hui comment se faisait l'apprentissage de ce système d'écriture, voire comment se prononçaient les langues transcrites en cunéiforme (voir *L'apprentissage du cunéiforme*, page 48).

Généralement, les scientifiques disposent de traces qu'ils interprètent à l'aune des données acquises par ailleurs. Parfois, ils adoptent la démarche inverse, traquant les traces qui leur permettraient de valider une hypothèse. C'est ce que font les physiciens à la recherche de preuves de la supersymétrie, théorie proposée il y a plus de 40 ans pour dépasser le modèle standard de la physique des particules. Les physiciens du CERN, à Genève, sont à

La biologie de synthèse et la supersymétrie suscitent de nombreux débats.

l'affût des traces de nouvelles particules, les superpartenaires, qui valideraient cette théorie. La quête est d'importance : si on ne les trouve pas, il faudra choisir entre s'obstiner pour sauver la théorie de la supersymétrie, ou l'abandonner... et réinventer un modèle pour la physique des particules (voir *La supersymétrie, une théorie en crise ?*, page 40).

Les physiciens voudraient percer les secrets de la matière en identifiant ses constituants élémentaires. Les biologistes procèdent un peu de la même façon avec le monde vivant, en cherchant à répertorier toutes les réactions biochimiques qui assurent les fonctions biologiques, la division cellulaire, par exemple. Disposant ainsi de « modules élémentaires », ils pourraient les combiner pour produire des fonctions biologiques inédites, voire de nouveaux génomes (voir le dossier *Réinventer le vivant*, page 19).

La biologie de synthèse et la supersymétrie suscitent de nombreux débats en raison des enjeux qu'elles représentent. On ignore aujourd'hui si les physiciens et les biologistes de demain marcheront sur les... traces de leurs prédécesseurs ! ■

Françoise Pétry directrice de la rédaction

1 Édito

Actualités

4 Une toundra ancienne sous les glaces du Groenland



6 Un traumatisme transmis de père en fils

8 Une exolune détectée pour la première fois ?

9 L'origine du métabolisme

Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

12 **Point de vue**
L'éthique animale, entre science et droit
Georges Chapouthier

14 **Entretien**
Copernicus, le futur œil de l'Europe sur la Terre
Cathy Clerbaux

16 **Homo sapiens informaticus**
La lunette de l'anthropologue
Gilles Dowek

17 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Pourquoi les soucoupes volantes n'existent pas
Gérald Bronner

18 **Lu sur SciLogs.fr**
Enseigner le numérique à l'école, une nécessité
Thierry Vieville

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement *Pour la Science*, brochés sur la totalité du tirage.
En couverture : © Kenn Brown/Mondolith Studios

Dossier : RÉINVENTER LE VIVANT

20 **BIOLOGIE CELLULAIRE**
Simuler une cellule vivante

Markus Covert

Des biologistes ont conçu un modèle numérique complet d'un organisme unicellulaire, qui reproduit son cycle de division. Cet outil éclaire d'un jour nouveau les mécanismes du vivant.

28 **BIOTECHNOLOGIE**
La biologie de synthèse : vers une ingénierie du vivant

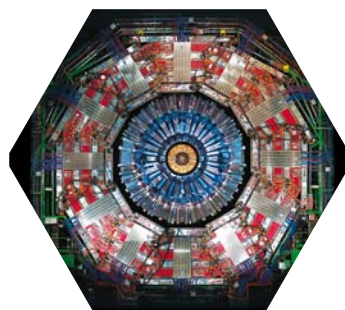
François Képès

Concevoir un génome *ab initio*, inventer une cellule minimale, produire de nouvelles fonctions biologiques... Telles sont quelques-unes des ambitions de la biologie de synthèse. Son objectif : ouvrir de nouveaux horizons en biologie en s'inspirant des méthodes de l'ingénierie.

36 **SCIENCE ET SOCIÉTÉ**
Biologie de synthèse et sciences sociales, un dialogue difficile

Pierre-Benoît Joly et Benjamin Rimbault

Quel sera l'impact de la biologie de synthèse sur la société ? Comment éviter les dérives ? Les sciences sociales apporteraient un éclairage décisif si elles n'étaient pas cantonnées à un rôle inapproprié de médiateur.



40 **PHYSIQUE DES PARTICULES**
La supersymétrie, une théorie en crise ?

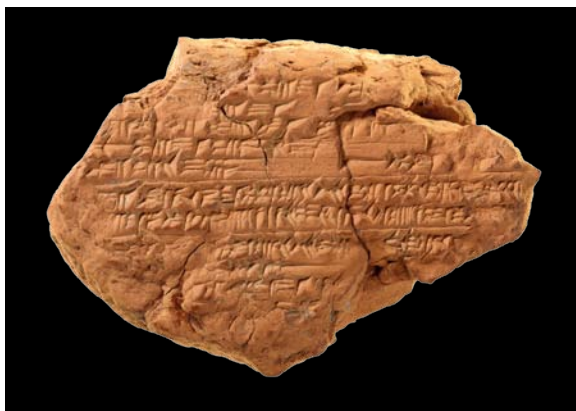
Joseph Lykken et Maria Spiropulu

Les théories supersymétriques promettent une meilleure compréhension du monde des particules élémentaires. Mais aucun indice de supersymétrie n'est apparu dans les expériences récentes du CERN. Cette idée séduisante risque-t-elle d'être abandonnée ?

48 **ARCHÉOLOGIE** **L'apprentissage du cunéiforme**

Markus Hilgert

En Mésopotamie, l'écriture cunéiforme a été pratiquée pendant des millénaires. L'analyse des textes permet de reconstituer comment les scribes l'apprenaient. Elle indique aussi comment se prononçaient les langues transcrites en cunéiforme.



54 **PHILOSOPHIE DES SCIENCES** **Des corrélations à la causalité**

Isabelle Drouet

À partir de données statistiques, peut-on déterminer les liens de cause à effet entre des phénomènes et, si oui, comment ? Les philosophes des sciences ont renouvelé les réflexions sur cette question.

62 **CLIMATOLOGIE** **Climat : le faux espoir**

Michael Mann

Le réchauffement global s'est temporairement ralenti, mais une crise climatique menace toujours dans un avenir proche.



Rendez-vous

70 **Histoire des sciences**

Guldin et les indivisibles de Cavalieri

Amir Alexander

La préhistoire du calcul intégral, au XVII^e siècle, a été marquée par la querelle sur les « indivisibles » du mathématicien italien Bonaventura Cavalieri.

74 **Logique & calcul**

Équations résolubles ou non ?

Jean-Paul Delahaye

Parfois, une équation semble impossible à résoudre. Impossibilité théorique et définitive, ou contournable ?

80 **Science & fiction**

Les X-men, des mutants prometteurs

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

82 **Art & science**

Alerte à la pollution en rouge et en vert

Loïc Mangin

84 **Idées de physique**

Les éoliennes verticales

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

89 **Question aux experts**

Sommes-nous commandés par des phéromones ?

Didier Trotier

91 **Science & gastronomie**

Éliminer l'odeur d'ail de l'haleine

Hervé This

92 **À lire**

96 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

POUR LA
SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale

Toutes les archives*

■ Pour la Science

■ Dossier

Pour la Science

depuis 1996

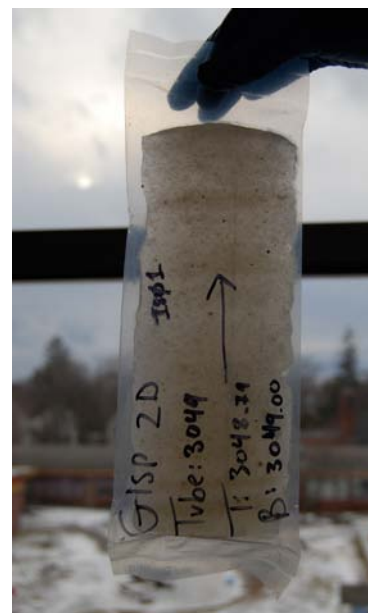
maintenant sur www.pourlascience.fr



* Numéros à lire en ligne ou téléchargeables en PDF, en vente à l'unité ou accessibles par abonnement.



Le sol libéré par le retrait d'un glacier groenlandais. Un tel substrat de limon a aussi été identifié sous trois kilomètres de glace au centre du Groenland, grâce à un carottage profond (à droite, un tronçon de la carotte).



P. Bierman, Université du Vermont

Géosciences

Une toundra ancienne sous les glaces du Groenland

Un sol préservé a été découvert sous trois kilomètres de glace au centre du Groenland.

Il est resté exposé à l'air libre pendant plusieurs centaines de milliers d'années, avant qu'une calotte de glace ne le recouvre, il y a quelque 2,7 millions d'années.

En 1993, cinq ans après avoir débuté, le forage GISP2 (Greenland Ice Sheet Project) de la calotte glaciaire groenlandaise centrale s'achève par le contact avec le socle granitique. Or les 15 derniers mètres de la carotte de 3053 mètres ainsi obtenue révèlent des sédiments riches en matière organique. Autour de Paul Bierman, de l'Université du Vermont aux États-Unis, une équipe américaine vient de les faire parler. Ces sédiments montrent qu'avant la formation de la calotte centrale groenlandaise, il y a quelque 2,7 millions d'années, une toundra a occupé le centre du Groenland pendant au moins 200 000 ans.

Il y aurait de la glace au Groenland depuis 38 millions d'années au moins, mais c'est au début du Pléistocène (ère

qui s'étend d'environ 2,6 millions d'années à 12 000 ans avant le présent) que la calotte glaciaire groenlandaise s'est formée. Elle a persisté durant la trentaine de cycles glaciaire-interglaciaire qui ont suivi. Or les géologues considèrent que tous les glaciers arasent le sol sur lequel ils reposent, ce qui fait disparaître les paysages qu'ils recouvrent. En outre, l'étude des dépôts de sédiments marins autour du Groenland et de l'Amérique du Nord suggérerait que depuis le début du Pléistocène, la succession des débâcles glaciaires a entraîné sur ces terres l'arasement d'une couche de sol de 100 mètres d'épaisseur...

Pas partout, a prouvé l'équipe de P. Bierman en étudiant la concentration en béryllium 10 dans les 15 derniers mètres de carotte. Cet isotope radioactif du

béryllium (noyau atomique composé de quatre protons et six neutrons) est en effet cosmogénique, c'est-à-dire créé sous l'effet des rayons cosmiques incidents sur Terre. La couche de sédiments la plus riche en béryllium 10, que les chercheurs identifient au paléosol, en contient $3,8 \times 10^8$ atomes par gramme. Or une loi empirique, établie à partir de nombreuses mesures dans les sols arctiques, relie cette densité en masse à la densité en surface. Les chercheurs en ont déduit que le paléosol contient $6,7 \times 10^{10}$ atomes de béryllium 10 par centimètre carré. Comme on estime que $3,5 \times 10^5$ atomes de cet isotope sont créés par centimètre carré et par an au centre du Groenland, on en déduit que la durée d'exposition de ce sol aux rayons cosmiques a été d'au moins 190 000 ans.

Mais il est probable qu'en autant de temps, le sol se soit érodé, au moins un peu... En outre, les 2,7 millions d'années de la

calotte glaciaire correspondent à deux demi-vies du béryllium 10, de sorte qu'au début du Pléistocène, le nombre d'atomes de cet isotope dans le sol du centre du Groenland était quatre fois supérieur. Pour ces deux raisons, les géologues concluent qu'une toundra a été présente au centre du Groenland pendant une durée comprise entre 200 000 ans et un million d'années avant le début du Pléistocène, époque où le climat était subarctique plutôt qu'arctique.

Le cas étudié par P. Bierman et ses collègues prouve par ailleurs qu'il est possible qu'un glacier laisse presque intact le sol qu'il recouvre durant des millions d'années. Les chercheurs veulent maintenant tenter de découvrir des paléosols intacts en Antarctique, où les calottes dépassent souvent quatre kilomètres d'épaisseur...

François Savatier

Science, vol. 344, pp. 402-405, 2014



Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Astrophysique

Une cousine de la Terre au climat tempéré

Les astronomes ont fait un pas de plus dans la recherche d'une exoplanète similaire à la Terre par sa composition, sa taille et la présence d'eau liquide à sa surface. Ils avaient déjà trouvé des astres de la taille de la Terre, et d'autres dans la zone habitable – la région ni trop proche ni trop lointaine de l'étoile où la tempé-

rature permet à l'eau de subsister à l'état liquide. Elisa Quintana, de l'Institut SETI, et ses collègues (dont des chercheurs du Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux) ont identifié, à partir des observations du satellite *Kepler*, une exoplanète qui réunit les deux caractéristiques: *Kepler-186f* est à peine (11 pour cent) plus grande

que la Terre et se trouve dans la zone habitable.

Cette planète est à 52 millions de kilomètres de son étoile (environ la distance qui sépare le Soleil de Mercure). Elle est pourtant dans la zone habitable, car elle est en orbite autour d'une étoile naine de classe M, plus froide que le Soleil. La planète pourrait contenir de l'eau liquide – à condition que de l'eau soit présente à la surface de la planète et qu'une atmosphère riche en dioxyde de carbone maintienne une certaine température. La prochaine étape sera de trouver un tel astre autour d'une étoile du même type que le Soleil!

Sean Bailly

E. Quintana et al., Science, vol. 344, pp. 277-280, 2014



Cette vue d'artiste représente *Kepler-186f*, au premier plan, et les autres planètes détectées en orbite autour de l'étoile.

© NASA Ames/SETI Institute/JPL-Caltech

Géophysique

Comment le moteur de la tectonique a démarré

Depuis la naissance de la Terre, il y a plus de quatre milliards d'années, plusieurs cycles tectoniques de 400 à 600 millions d'années se sont succédé, durant lesquels une série de continents sont nés, se sont assemblés, se sont scindés et ont disparu. Le moteur tectonique à l'origine de ces cycles semble avoir mis au moins un milliard d'années à atteindre un fonctionnement régulier. David Bercovici, de l'Université de Yale, et Yanick Ricard, chercheur du CNRS au Laboratoire de géologie de Lyon, ont modélisé son démarrage.

L'idée est que les lents courants descendants de roches, dus à la convection thermique dans le manteau terrestre (les 2900 premiers kilomètres de profondeur), ont créé des dépressions sous la croûte terrestre, et que cela a étiré les roches de la croûte terrestre et fini par créer des lignes de faiblesse, les futurs bords de plaques tectoniques.



Micrographie d'une roche où sont visibles les effets de l'allongement des grains minéraux.

Les deux géologues ont élaboré un modèle mathématique de ce processus, en considérant que la lithosphère, la couche terrestre superficielle, est surtout composée de grains d'olivine et de grains de pyroxène. Sous l'effet de la déformation des roches, la taille des grains minéraux diminue, ce qui les rend encore plus déformables. Il s'ensuit un processus de fragilisation qui, si la déformation persiste, conduit à la formation d'un bord de plaque. Le modèle montre que, en raison notamment

de la température modérée de la lithosphère, les processus de fragilisation sont bien plus rapides (de l'ordre de 10 millions d'années) que ceux de cicatrisation, et que leur accumulation conduit à la formation de plaques en un milliard d'années environ. Le modèle explique aussi pourquoi Vénus, où la lithosphère est plus chaude et où les roches cicatrisent donc beaucoup plus vite, est dépourvue de tectonique des plaques.

F.S.

Nature, vol. 508, pp. 513-516, 2014

Rongeurs sous influence

Pourquoi les résultats de certaines expériences sur les rongeurs sont-ils difficiles à reproduire? Robert Sorge, de l'Université McGill, à Montréal, et ses collègues ont révélé une variabilité due au sexe de l'expérimentateur. En présence d'un homme ou de composés chimiques volatils typiques des aisselles masculines, les rats ont manifesté un stress supérieur, qui a augmenté leur tolérance à la douleur. L'effet était absent avec une femme. Le sexe de l'expérimentateur/trice devrait donc être pris en compte!

Trois atomes de largeur

Les dichalcogénures – contenant un métal de transition (molybdène) et du soufre ou du sélénium – sont, en monocouches, des semi-conducteurs présentant une grande mobilité d'électrons et une robustesse mécanique élevée. Ils forment des composants électroniques très plats, mais il restait à optimiser les jonctions entre les composants. Or Junhao Lin, de l'Université Vanderbilt et ses collègues ont mis au point un procédé de fabrication, avec un faisceau d'électrons, de nanofils de trois atomes de large du même matériau.

Sable mouillé... et glissant

Avec des collègues de divers pays, le physicien Daniel Bonn, de l'Université d'Amsterdam, a montré expérimentalement que le frottement sur du sable est fortement réduit si l'on ajoute à ce matériau granulaire un peu d'eau, mais pas trop. C'est la formation de ponts capillaires d'eau entre les grains qui augmente la résistance du matériau au cisaillement, et qui a pour effet de diminuer le coefficient de frottement. Lorsque le sable est trop mouillé, les ponts capillaires fusionnent entre eux, ce qui réduit la résistance au cisaillement et, partant, augmente le frottement.

Génétique

Un traumatisme transmis de père en fils

Des souris mâles peuvent transmettre un traumatisme précoce à leur descendance, via des microARN présents dans leurs spermatozoïdes.



Des souriceaux mâles sont traumatisés quand on les sépare de leur mère. Les troubles résultant de ce stress précoce se transmettent à leurs descendants.

Et si les conséquences d'un traumatisme pouvaient se transmettre d'une génération à l'autre ? Depuis longtemps, les psychiatres observent que les descendants de personnes traumatisées, comme les survivants de camps de concentration ou les vétérans de guerre, sont plus susceptibles de développer des troubles tels qu'anxiété ou dépression. Mais s'affranchir des effets sociaux et environnementaux pour mettre en évidence une éventuelle transmission biologique reste très difficile chez l'homme.

Chez la souris, en revanche, le phénomène est avéré. En 2010, Isabelle Mansuy et ses collègues, de l'Université de Zurich, établissaient que les souris mâles peuvent transmettre à leur descendance des caractéristiques comportementales liées au stress. Dans une étude récente, la même équipe a montré que cette transmission s'effectuerait *via* l'ARN présent dans les spermatozoïdes.

Afin de déclencher un traumatisme précoce, les chercheurs

ont séparé de leur mère des souriceaux mâles à des horaires aléatoires au début de leur vie. À l'âge adulte, ces souris montrent des signes de dépression, une aversion réduite pour la lumière et les espaces ouverts (des conditions de risque), et des troubles métaboliques liés au stress (hypersensibilité à l'insuline). Or ces troubles se transmettent à la descendance.

Pour identifier le mécanisme en jeu, les chercheurs ont analysé les spermatozoïdes des souris traumatisées et trouvé que des ARN de petite taille, dits microARN, étaient surexprimés en comparaison avec les souris normales. Les microARN font partie des molécules d'ARN dit non codant, qui n'intervient pas directement dans la synthèse des protéines. Si l'ARN non codant était autrefois considéré comme un « déchet », les biologistes savent aujourd'hui qu'il joue un rôle important dans la régulation de l'expression des gènes.

Chez les souris traumatisées, les microARN surexprimés étaient

localisés dans des structures du cerveau (hippocampe et hypothalamus) liées à la gestion du stress, ainsi que dans les spermatozoïdes. Pour tester leur rôle éventuel, les chercheurs ont ensuite réinjecté l'ARN des spermatozoïdes dans des ovules fécondés de souris. Les souris qui en sont nées présentaient les mêmes troubles comportementaux et métaboliques que celles ayant « hérité » directement du traumatisme de leur père.

Reste à comprendre un fait intrigant : chez les souris de seconde génération, on ne constate pas de surexpression de microARN, alors que le traumatisme se manifeste pourtant à la troisième génération. Les chercheurs supposent qu'une stabilisation s'opère *via* des modifications épigénétiques (qui ne sont pas codées dans les gènes) influant sur l'accessibilité de l'ADN pour la transcription. « C'est la première fois qu'on montre le rôle de l'ARN dans la transmission d'un caractère acquis », souligne Valérie Grandjean, spécialiste en hérité épigénétique à l'Institut de biologie Valrose, à Nice.

Le concept de transmission de caractères acquis, longtemps relégué aux oubliettes de la biologie, fait un retour en force depuis une quinzaine d'années. Grâce aux travaux en épigénétique, qui montrent qu'une hérédité est possible au-delà du seul code génétique, les biologistes commencent à mieux comprendre la façon dont des modifications environnementales peuvent se transmettre entre les générations.

Malgré quelques indices issus de l'épidémiologie, chez l'homme, la transmission par la voie paternelle d'un caractère induit par l'environnement reste à établir.

Yvan Pandelé

K. Gapp et al., *Nature Neuroscience*, en ligne le 13 avril 2014

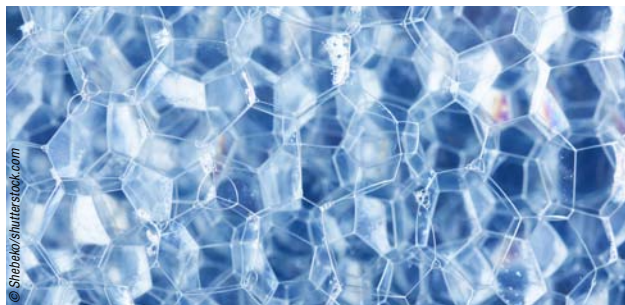
Physique

Le son bloqué par une mousse de savon

Comment se propage le son dans une mousse liquide ? Relativement peu d'études ont porté sur l'acoustique d'un tel milieu, et elles ont produit des résultats disparates. Juliette Pierre et Valentin Leroy, à l'Université Paris-Diderot, avec Benjamin Dollet, à l'Université de Rennes 1, ont mesuré l'atténuation du son par une couche de mousse liquide. Ils ont découvert que pour une certaine gamme de fréquences ultrasonores, la mousse absorbe l'onde acoustique et se comporte donc comme un isolant phonique.

Les expériences ont consisté à mesurer la transmission du son à travers une épaisseur de 0,5 millimètre de mousse, cette couche étant confinée entre deux films de plastique très minces. La mousse était préparée à partir d'une solution aqueuse de dodécylsulfate de sodium, un détergent répandu.

L'étude a porté sur une gamme de fréquences ultrasonores comprises entre 60 et 600 kilohertz, tandis que la taille caractéristique des bulles variait entre 30 et 100 micromètres (cette



Dans une mousse de savon, les films et les canaux de liquide réagissent différemment aux vibrations de l'air dues à une onde sonore.

taille augmente à mesure que la mousse « vieillit »).

On constate que la vitesse de propagation du son est petite aux basses fréquences (de l'ordre de 30 mètres par seconde), et élevée aux hautes fréquences (environ 220 mètres par seconde). Surtout, aux fréquences intermédiaires, l'atténuation du son est forte.

J. Pierre et ses collègues ont pu expliquer leurs résultats en termes d'un modèle simple où la mousse est assimilée à un ensemble de films liquides minces, soutenus par des canaux étroits, mais plus massifs, de liquide. À

basse fréquence, les films et les canaux vibrent en phase avec la pression de l'onde acoustique ; à haute fréquence, seuls les films vibrent. Mais aux fréquences intermédiaires, le mouvement des films est déphasé, ce qui conduit à un blocage du son.

Cette étude clarifie l'acoustique des mousses liquides et aidera peut-être à concevoir des isolants phoniques ou des sondes acoustiques pour caractériser les mousses produites en milieu industriel.

Maurice Mashaal

Phys. Rev. Lett., vol. 112, 148307, 2014

Le chromosome Y, en sursis ?

Aujourd'hui, le chromosome Y de l'homme ne comporte plus que trois pour cent des gènes que son ancêtre contenait il y a 200 à 300 millions d'années. Est-il en train de disparaître ? Daniel Bellott, du MIT aux États-Unis, et ses collègues ont étudié le chromosome chez différentes espèces de mammifères pour reconstruire son évolution. La perte se serait stabilisée depuis 25 millions d'années, probablement parce que les gènes restants ont un rôle essentiel dans la synthèse de protéines.

Une plante caméléon

Le mimétisme, fréquent chez les animaux, est plus rare chez les plantes. Ernesto Gianoli, de l'Université de la Serena, au Chili, et son collègue ont montré que la plante grimpante *Boquila trifoliolata*, endémique de la forêt tropicale, imite les feuilles des différents types d'arbres auxquels elle s'accroche. Elle se dissimule ainsi aux yeux des herbivores. Les mécanismes en jeu restent à déterminer, mais ils pourraient impliquer des composés volatils émis par l'arbre.

Éthologie

Des chenilles qui imitent le son des fourmis

Pénétrer discrètement dans une fourmilière n'est pas chose aisée, y vivre encore moins : les fourmis défendent farouchement leur territoire. Grâce à de nombreux signaux chimiques et acoustiques, elles distinguent les intrus des membres de la colonie. Pourtant, près de 10 000 espèces d'arthropodes vivent au sein des fourmilières, à l'abri des dangers de l'extérieur. Les chenilles des papillons *Maculinea* sont ainsi connues pour user de mimétisme acoustique afin de tromper la vigilance des fourmis, ce qui leur permet de s'introduire dans les nids.

Marco Sala et ses collègues, de l'Université de Turin, ont étudié

l'importance du mimétisme acoustique dans la stratégie adoptée par ces papillons pour se nourrir.

Ils ont enregistré le son émis par des ouvrières et des reines de l'espèce de fourmis *Myrmica scabrinodis*, puis celui produit par des chenilles *Maculinea alcon* et *Maculinea teleius*. Ces dernières émettent des stridulations similaires à celles des fourmis reines, ce qui pousse les ouvrières à les emmener dans le nid.

Les chenilles y restent entre 11 et 23 mois. Durant cette période, les chenilles n'ont pas toutes le même comportement. Celui-ci dépend de l'espèce et de la qualité de l'imitation des

sons de la fourmi reine. Les enregistrements sonores ont montré que les stridulations de la chenille *Maculinea alcon* sont plus ressemblantes. Leurs sons suscitent davantage l'attention des fourmis ouvrières, qui les nourrissent alors par trophallaxie (les fourmis leur régurgitent de la nourriture). La chenille *Maculinea teleius*, elle, imite moins bien la fourmi reine et attire beaucoup moins l'attention des ouvrières. Une discrétion utile à la chenille, puisqu'elle a un comportement de prédation : elle se nourrit des larves de ses hôtes !

S. B.

PloS One, vol. 9(4), e94341, 2014



Une chenille *Maculinea* emmenée au nid par une ouvrière *Myrmica*... qui la prend pour une reine ?