

SENSIBLES À LA LUMIÈRE, MAIS AVEUGLES

Chez la plupart des organismes, l'horloge biologique se cale sur la lumière du jour. Certains sont dotés d'organes photosensibles qui ne participent pas à la vision. Ces derniers sont aussi utilisés pour d'autres réponses non visuelles à la lumière, telles celles qui avertissent les animaux qu'ils doivent se cacher. Bien que chez l'homme et d'autres mammifères les récepteurs non visuels soient localisés dans l'œil, ce n'est pas toujours le cas.

© Getty Images/Kim Taylor and Jane Burton



Les têtards et d'autres amphibiens détectent la lumière à l'aide de cellules pigmentées de leur peau, de sorte qu'ils peuvent adapter leur camouflage à différents contextes.

© Getty Images/Cyril Laubscher



L'horloge circadienne fonctionne même lorsque les moineaux sont privés de leurs yeux. Des cellules spécialisées dans leur cerveau peuvent détecter la lumière qui traverse les plumes, la peau et le crâne.

© Getty Images



Les souris ont été les premiers mammifères dont il a été montré que leur horloge circadienne fonctionne même lorsqu'elles sont aveugles. Dans ce cas, les récepteurs non visuels de la lumière sont dans les yeux.

redondance. Ces cellules peuvent soit détecter la lumière de façon autonome, soit relayer les informations en provenance des cônes et des bâtonnets, ou les deux.

L'énigme était résolue – au moins pour les souris. Des données récentes suggèrent que les mêmes mécanismes existeraient chez l'homme. R. Foster et ses collègues ont publié en 2007 une étude concernant deux personnes aveugles n'ayant pas de cônes ni de bâtonnets fonctionnels, mais dont le rythme circadien restait correct à condition qu'elles soient périodiquement exposées à de la lumière bleue. La lumière bleue correspond précisément à la gamme des longueurs d'onde activant la mélanopsine.

L'énigme est résolue

Encore plus intéressant, nous avons montré que la mélanopsine déclenche une cascade de réactions biochimiques dans les cellules éclairées qui ressemble plus à ce qui se passe chez la mouche et le calmar que dans les cônes et les bâtonnets des mammifères. En fait, nous avons déjà remarqué que la séquence du gène de la mélanopsine ressemble plus à celles de gènes codant des photopigments d'invertébrés qu'à celles de gènes de vertébrés. Ainsi, chez les mammifères, la mélanop-

sine serait le photopigment d'un système photorécepteur non visuel primitif, encore présent aujourd'hui dans la rétine.

Au-delà de son intérêt scientifique, la découverte de cet « organe » caché aura peut-être des conséquences en clinique, car il suggère des liens entre santé de l'œil et santé mentale. Certaines études avancent qu'une exposition à la lumière bleue augmenterait la vigilance, limiterait le décalage horaire ou le manque de sommeil, et soulagerait la dépression saisonnière. Cette pathologie, plus fréquente sous les latitudes élevées, est due au manque de lumière et de soleil ; elle peut déclencher des dépressions graves, voire conduire au suicide. La luminothérapie est efficace parce qu'elle stimule les cellules ganglionnaires photosensibles.

D'autres études ont montré que les enfants aveugles chez qui les cellules ganglionnaires de la rétine sont endommagées présentent plus de troubles du sommeil que les enfants dont la cécité est due à d'autres causes. L'intégrité et le bon fonctionnement des cellules ganglionnaires photosensibles représentent aujourd'hui un nouvel enjeu pour la médecine. Une classe inédite de traitements visant une large gamme de pathologies résultera peut-être de ces recherches sur des souris aveugles. ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

M. Tri Hoang Do et K.-W. Yau, **Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells**, *Physiological Reviews*, vol. 90, n° 4, pp. 1547-1581, 2010.

P. Bourgin *et al.*, **Au rythme du jour et des saisons**, *Pour la Science*, n° 397, pp. 108-114, novembre 2010.

Le sens du temps, *Cerveau & Psycho*, n° 32, mars-avril 2009.

U. Kraft, **Coup de blues en hiver**, *Cerveau & Psycho*, n° 9, pp. 70-75, mars-mai 2005.

D. M. Berson *et al.*, **Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock**, *Science*, vol. 295, pp. 1070-1073, 2002.

I. Provencio *et al.*, **Melanopsin : an opsin in melanophores, brain and eye**, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 95, n° 1, pp. 340-345, 1998.

La sélection de livres

■ POUR LA SCIENCE

Pour bien commencer l'année 2012, approfondissez vos connaissances scientifiques. Primés pour la plupart et devenus des titres de référence dans leur domaine, les livres présentés vous donneront matière à réfléchir sur le monde, les nanosciences, l'architecture, la physique, l'évolution humaine, etc. Bonne lecture !

En partenariat
avec les éditeurs



Tous ces livres sont également disponibles en librairie.

Nouvelle édition **Les mathématiciens** Collectif

« Nul ne peut être mathématicien s'il n'a une âme de poète », disait Sophie Kowalevskaja. D'Archimède à Jacques Hadamard, cet ouvrage dresse les portraits d'une vingtaine de mathématiciens, autant artistes que scientifiques.

Éditions Belin/Pour la Science 2010
280 pages – 24,00 euros – ISBN 978-2-8424-5109-7



Réf. 075109

Matière et matériaux De quoi est fait le monde ?

Étienne Guyon (dir.)

Secrets des pneumatiques, textiles antibactériens, rôle des levures dans la pâte à pain... L'Homme a su façonner la matière pour améliorer son quotidien. Mêlant physique, chimie et biologie, cet ouvrage propose 100 sujets illustrés. Un passionnant voyage au cœur de la matière.

Prix Roberval Grand Public 2011

Éditions Belin/Pour la Science 2010
336 pages – 27,50 euros – 978-2-7011-5182-3



Réf. 005182

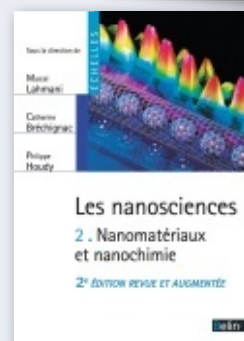
Nouvelle édition **Nanomatériaux et nanochimie**

Marcel Lahmani, Catherine Bréchnignac,
Philippe Houdy

Ce livre propose un tour d'horizon des nanomatériaux, de leurs propriétés fondamentales et des nouvelles applications que ces matériaux inédits pourraient offrir. L'ouvrage détaille en outre les principales méthodes présidant à l'élaboration des nanomatériaux, ainsi que les procédés de fabrication qui en découlent, sans oublier la nanochimie.

La série des Nanosciences a reçu le Trophée Roberval 2011

Éditions Belin 2012
736 pages – 51,50 euros – ISBN 978-2-7011-6175-4



Réf. 006175

Bâtir en terre Du grain de sable à l'architecture

Laetitia Fontaine et Romain Anger

Entre science et architecture, ce livre explore le patrimoine en terre, de la Shibam au Yémen jusqu'aux Hakkas en Chine. À l'aide d'expériences simples et ludiques, les auteurs présentent aussi les propriétés physico-chimiques de ce «bêton naturel» qu'est la terre.

Prix Le Goût des sciences 2010 • Prix Roberval 2010

Éditions Belin 2009
224 pages – 30 euros – ISBN 978-2-7011-5204-2



Réf. 006123

Darwin, dessine-moi les hommes Claude Combes

« Yin me demanda un jour de lui dire qui avait dessiné les hommes, mais elle voulait aussi savoir qui avait dessiné les dinosaures, les chevaux et... les moutons bien sûr. Alors, j'ai parcouru avec elle l'histoire du vivant, cette histoire que l'on appelle "évolution". »

Prix La Science se livre 2007

Éditions le Pommier 2006
528 pages – 25,00 euros – ISBN 978-2-7465-0300-7



Réf. 090372

HISTOIRE DES SCIENCES

L'affaire Hubble-Lemaître résolue

Dans la traduction en anglais d'un article de l'astronome Georges Lemaître (1894-1966), un paragraphe a disparu, où il donne les prémisses de ce qui deviendra la constante de... Hubble. Omission de plein gré ou imposée ? La question vient de trouver une réponse.

Dominique LAMBERT

Est-ce la constante de Hubble, qui fit la gloire de l'astronome américain Edwin Hubble en 1929, avait été découverte deux ans avant lui par Georges Lemaître, jeune prêtre belge mathématicien et astronome chargé de cours à l'Université catholique de Louvain ? Soulevée il y a quelques mois par des astronomes et historiens amateurs, cette question a suscité un vif débat cet automne, que l'astronome Mario Livio, de l'Institut des sciences du télescope spatial, à Baltimore aux États-Unis, vient de clore. Verdict ? Lemaître a bien sa part dans cette découverte, même si, nous allons le voir, l'histoire n'est pas aussi simple.

Un Univers en expansion

Pour le comprendre, revenons en 1927. À cette époque, les astronomes s'interrogent : quelle est la structure de l'Univers ? Comment caractériser sa géométrie à partir des équations d'Einstein de la relativité générale ? Comment rendre compte dans ce contexte du décalage vers le rouge de presque toutes les « nébuleuses » (galaxies) observées à l'époque ? Les scientifiques savent depuis le XIX^e siècle qu'un tel décalage du spectre d'une source lumineuse signifie qu'elle s'éloigne à une certaine vitesse. Les solutions envisagées jusqu'alors sont insatisfaisantes : le cosmos sphérique et statique proposé par Einstein en 1917 est incapable de rendre compte d'un mouvement global de fuite des nébuleuses, et si l'Univers proposé par l'astronome néerlandais Willem de Sitter la même année

peut rendre compte de ce mouvement, il présente une densité de masse nulle, ce que contredisent les observations.

Lemaître est particulièrement intéressé par cette question, car il a étudié en profondeur les propriétés de l'Univers de de Sitter et en connaît les limites. En 1927, dans un article intitulé *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques*, il dérive, des équations

Lemaître utilise son modèle d'Univers pour expliquer la relation linéaire entre la vitesse v des nébuleuses lointaines et leur distance d par rapport à nous ($v = Hd$), relation qui sera nommée plus tard loi de Hubble. L'explication de Lemaître est la suivante : ce ne sont pas les galaxies qui bougent « dans » l'Univers, c'est l'Univers qui, par son expansion, éloigne les galaxies les unes des autres avec une vitesse proportionnelle à leur éloignement.

Pour déterminer le coefficient de proportionnalité aujourd'hui noté H et nommé « constante de Hubble », Lemaître se fonde sur les vitesses radiales de 43 galaxies mesurées par l'astronome américain Vesto Slipher et publiées par Gustav Strömberg (de l'Observatoire du mont Wilson en Californie) en 1925. Il se fonde aussi sur les mesures de distance effectuées dans l'équipe de Hubble en 1926. Il arrive ainsi à une valeur de H de 575 kilomètres par seconde par mégaparsec (ce qui signifie que les galaxies qui sont éloignées de 1 mégaparsec sont animées d'une vitesse de 575 kilomètres par seconde). Cette valeur, éloignée de celle mesurée aujourd'hui (65 kilomètres par seconde par mégaparsec), est tributaire d'erreurs importantes sur les distances, dont Lemaître est conscient et qu'il analyse dans son article.

Lemaître a eu la chance de se trouver au bon endroit au bon moment ! Aux États-Unis durant les années 1924-1925, il a pratiqué l'astronomie à l'Observatoire du Collège Harvard tout en travaillant, à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), à une thèse de physique sur la recherche de certaines



Edwin Hubble

tions d'Einstein, une solution intermédiaire entre les Univers d'Einstein et de de Sitter : un Univers sphérique et en expansion. Cet Univers « sans commencement ni fin » tend à l'infini dans le passé vers le cosmos sphérique et statique d'Einstein et, à l'infini dans le futur, vers l'Univers à densité d'énergie-matière nulle de de Sitter.