

■ POUR LA

SCIENCE

Décembre 2002

Édition française de Scientific American

SPÉCIAL CERVEAU



Des fenêtres sur

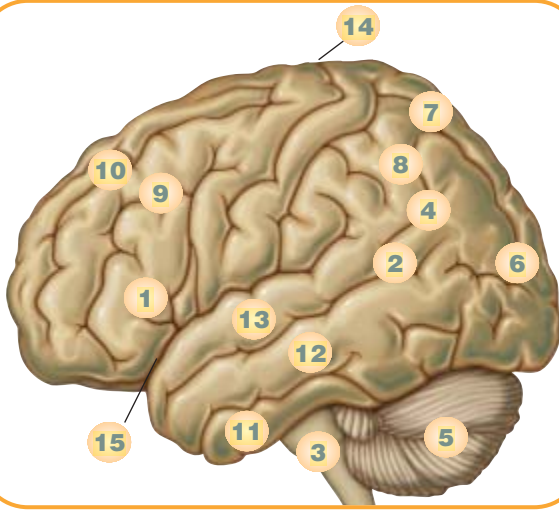
la conscience

FRANCE METRO 6,40 €, DOM 7,70 €, BEL : 7,60 €,
CH : 12 FS, ESP : 9 €, CAN : 9,75 \$, LUX : 7,30 €,
PORT.CONT. : 7,50 €, MAY : 9,60 €, REU : 9,60 €

M 02687 - 302 - F: 6,40 €

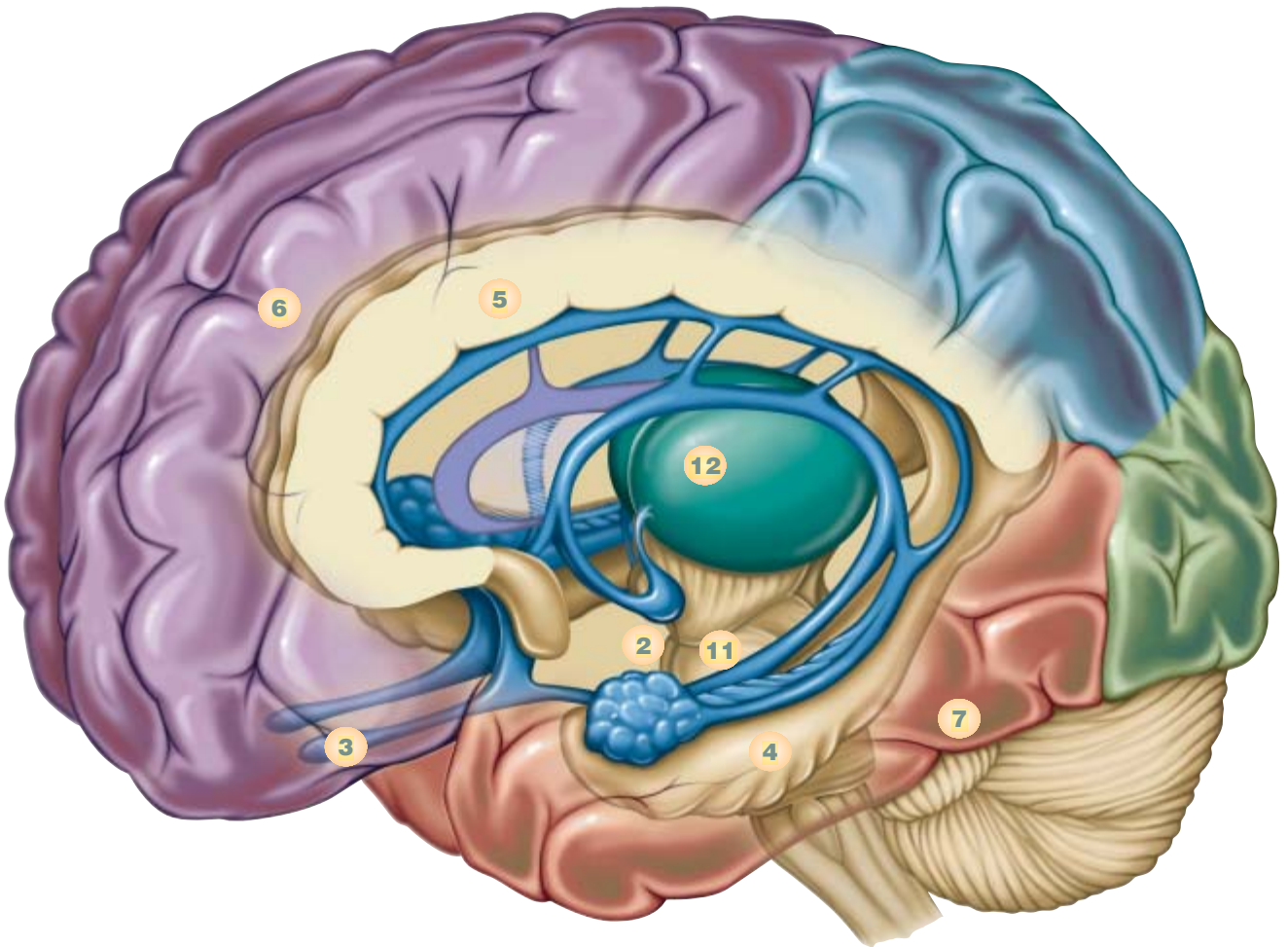


ATLAS DU CERVEAU

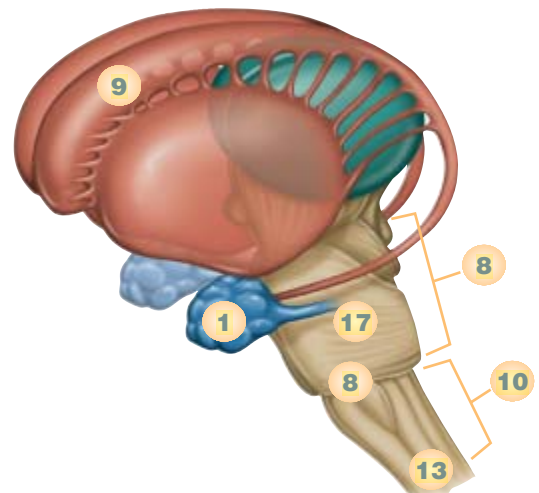


- 1- Aire de Broca/
Gyrus frontal inférieur
- 2- Aire de Wernicke
- 3- Bulbe rachidien
- 4- Carrefour temporo-pariétal
- 5- Cervelet
- 6- Cortex occipital
- 7- Cortex pariétal supérieur

- 8- Cortex pariétal inférieur
- 9- Gyrus frontal moyen
- 10- Gyrus frontal supérieur
- 11- Gyrus temporal inférieur
- 12- Gyrus temporal moyen
- 13- Gyrus temporal supérieur
- 14- Scissure de Rolando
- 15- Scissure de Sylvius



- 1- Amygdale (ou noyau amygdalien)
- 2- Hypophyse
- 3- Bulbe olfactif
- 4- Cortex enthorinal
- 5- Corps calleux
- 6- Gyrus cingulaire
- 7- Gyrus fusiforme
- 8- Mésencéphale
- 9- Noyau caudé
- 10- Pont
- 11- Substance noire
- 12- Thalamus
- 13- Tronc cérébral



TRIBUNE DES LECTEURS

BLOC-NOTES

de Didier Nordon

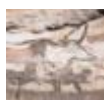
SCIENCE ET ÉCONOMIE

Je pense (mal) donc j'essuie (les pertes)
par Ivar Ekeland



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Gelées de Carême
par Hervé This



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Lascaux oublié
par Brigitte et Gilles Delluc

PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ Le trou noir au cœur de la Voie lactée ■ Les archives du roi de Qatna ■ Parlez-vous Champagne?
■ Les bateaux de Magan ■ Momies péruviennes
■ Courants d'air dans la plaine du Pô
■ Une assurance sur l'avenir ■ Le paléoclimat de Mars

ÉNIGMATHS

De la fuite dans les idées
par Dennis Shasha



ART ET SCIENCE

Le squelette du jardin
par Michael Lyons et Gert Van Tonder



IDÉES DE PHYSIQUE

Les mélanges du froid
par Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



LOGIQUE ET CALCUL

Découpages articulés
par Jean-Paul Delahaye

ANALYSES DE LIVRES

■ *Pleine Lune*, de Michael Light ■ *Au-delà du visible, de l'atome à l'infini*, de David Malin ■ *Les insectes – Monstres ou splendeurs cachées*, de Jacques de Tonnancour ■ *Tamaya, Les épaves de Saint-Pierre*, de Michel Météry.

INDEX ANNUEL 2002

2 encarts d'abonnement pages 16 et 17, encarts commande de livres et abonnement pages 160 et 161, un encart Restaurants du cœur et Encyclopédia Universalis.
En couverture : © MEHAU KULYK / SCIENCE PHOTO LIBRARY.

4

5

6

7

8

12

157

158

162

164

170

173

Spécial Cerveau

INTRODUCTION

Les consciences
par Élisabeth Pacherie

22

Science et conscience
par Jean Delacour

26

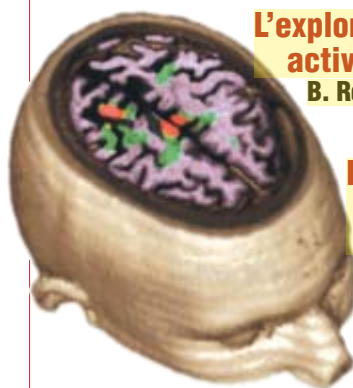
LES MÉTHODES D'EXPLORATION

L'exploration du cortex par son activité électromagnétique
B. Renault et L. Garnero

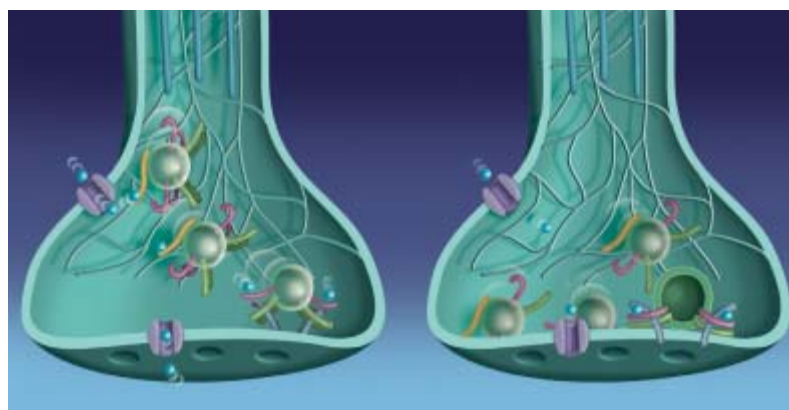
34

L'imagerie cérébrale : IRM et TEP
Bernard Mazoyer

42



FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME NERVEUX CENTRAL



Le développement et l'évolution du système nerveux
par Philippe Vernier

50

Le câblage du cerveau
par Alain Chédotal

58

Du trafic dans les neurones
par Thierry Galli et Fabienne Paumet

66



LES RACINES DE LA CONSCIENCE

**Synchronisation neuronale
et représentations mentales**
par Wolf Singer

74

**Les cheminements de la conscience
chez l'enfant**
par Olivier Houdé

80

La conscience animale
par Pierre Buser

84

Perception visuelle et conscience
par Michel Imbert

90

**La perception subliminale :
un aperçu sur l'inconscient**
par Lionel Naccache et Stanislas Dehaene

96

Apprentissage et conscience
par Axel Cleeremans

104

La conscience du temps
par Antonio Damasio

110

À partir de la rentrée, retrouvez
Un nouveau site plus convivial

- pour chaque article un complément d'information
- un moteur de recherche intégré
- un annuaire des sites web scientifiques

www.pourlascience.com

La conscience

LES TROUBLES DE LA CONSCIENCE

**La synesthésie :
entendre en couleur**
par Jeffrey Gray

114

Quelle conscience durant le coma ?
par Steven Laureys

122

**Les troubles de la conscience
dans la maladie d'Alzheimer**
par Philippe Robert

130

Biologie de la dépression
par Michel Hamon

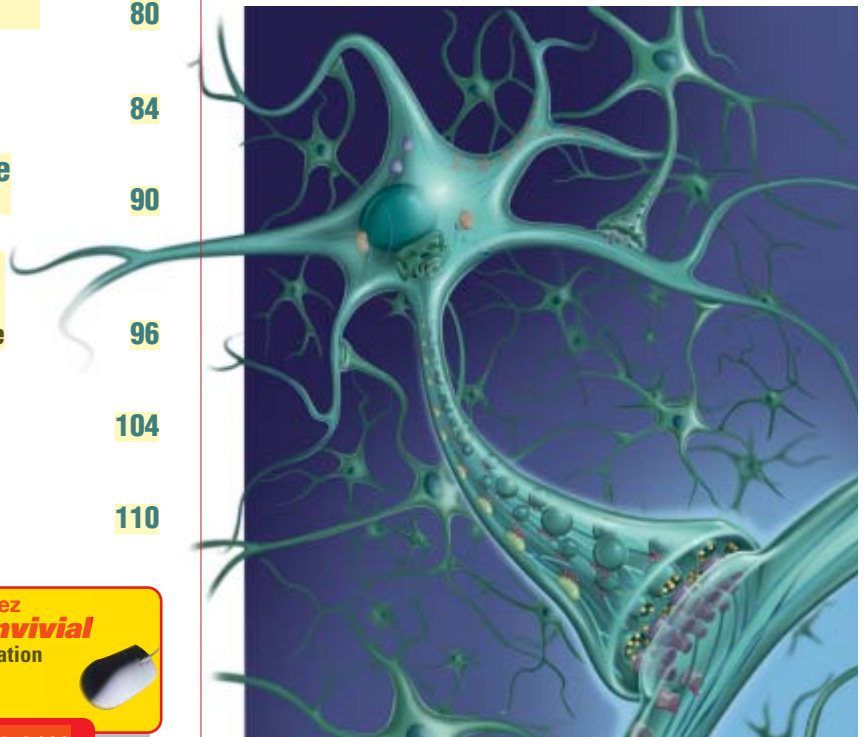
134

**Réalité virtuelle :
un défi pour la conscience**
par Isabelle Viaud-Delmon et Roland Jouvent

140

La neuropsychopharmacologie de la conscience
par Jean-Pol Tassin

146



Tribune des lecteurs

Mirages acoustiques

L'article *Mirages acoustiques* (voir *Pour la Science*, août 2002) m'a rappelé un événement insolite rapporté par une parente dans ses mémoires : « Mes deux sœurs et moi, à Taverne (près de Grenoble), le 15 août 1944, nous entendîmes un sourd grondement transmis par le sol. Nous nous retrouvâmes dans le couloir, intrigués. C'était, la radio nous l'apprit bientôt, le débarquement allié sur les côtes de Provence. » En effet, celui-ci eut lieu entre Cavalaire et Agay – soit à 250 kilomètres de Grenoble. Peut-il s'agir d'un mirage acoustique ?

Daniel MILAN, Grenoble

Réponse de J.-M. Courty

Oui, de façon plausible. Le grondement sourd qui semblait transmis par le sol a pu en fait être réfracté dans l'atmosphère en raison d'une inversion de température. Pour en être sûr, il faudrait étudier le relevé météorologique précis de la région le jour de l'événement. Un physicien américain a réalisé ce travail pour plusieurs batailles de la guerre de Sécession. Pour chacune des sept batailles qu'il a analysées, il a expliqué l'origine du mirage acoustique qui a empêché les commandants d'entendre et d'expliquer correctement les sons de la bataille. À *Seven Pines*, par exemple, le général Johnston discutait encore des détails de son plan alors que l'ennemi avait déjà engagé le combat. Cette bataille, restée silencieuse pour Johnston distant de trois kilomètres, avait été parfaitement audible par les habitants de Richmond situés 12 kilomètres plus loin.

Les géologues et Wegener

Dans l'*Après la tectonique des plaques* du numéro d'octobre 2002, P. Thomas écrit que les géologues ont ignoré la dérive des continents pendant 50 ans alors que les preuves existaient. Pour lui, cela constitue un « record dans l'histoire des sciences ». Je suis obligé de dire avec force que la réalité est l'inverse. Pour s'en persuader, il suffit de lire deux ouvrages, *Wegener, le père de la dérive des continents*, de M. Schwarzbach, publié en 1985, et le livre de Wegener lui-même, *La genèse des continents et des océans*, dont la traduction française a paru en 1990. On s'aperçoit immédiatement que les seuls scientifiques qui ont soutenu Wegener étaient des géologues. Il s'agit d'abord d'Émile Argand, souvent considéré comme le plus grand géologue du XX^e siècle. Argand milita sans cesse en faveur des idées de Wegener. On pourrait citer encore Du Toit ou A. Holmes.

Maurice MATTAUER, Montpellier

Réponse de Pierre Thomas

Ces « 50 ans d'ignorance du problème » sont, je l'accorde, une caricature, mais qui reflète une réalité que j'ai vécue. Il y a eu certes des débats acharnés du temps de Wegener, mais les partisans de la tectonique des plaques étaient minoritaires. En particulier en France, où ils étaient tellement marginalisés par les universitaires français « en place » que l'étudiant de premier cycle que j'étais à l'Université de Clermont-Ferrand n'avait pas connaissance de la tectonique des plaques via l'Université, mais par la presse. Pour simplifier, ce n'est qu'au cours de l'année universitaire 1974-1975 que la tectonique des plaques est arrivée dans les enseignements que j'ai reçus, à l'Université Paris 7. Je connais des universités où elle est arrivée avant (Grenoble), mais aussi d'autres où elle est arrivée bien après. La situation était peut-être meilleure dans certains pays ; elle était pire dans d'autres. Par exemple, ce n'est que dans les années 1980-1990 que la tectonique des plaques a été enseignée en ex-URSS.

Réactions en chimie

Péril en la demeure Chimie!, avertissent H. This, B. Denoyer et G. Bram dans le dernier numéro. En remplaçant $\rightleftharpoons$ par le signe « $\rightleftharpoons$ » dans l'écriture des réactions chimiques, les nouveaux programmes feraient faire à la discipline un bond d'un siècle... en arrière. Plus encore, en empêchant les élèves de disposer de la clef moléculaire des transformations chimiques, ils vont accentuer l'inquiétante désaffection pour les sciences. D'où une suggestion au ministre (qui présidait en 2001 le Conseil national des programmes) : faites donc « l'économie de la réforme » !

Passons sur les étonnantes inexactitudes factuelles : le signe « $\rightleftharpoons$ » n'a pas été abandonné depuis un siècle, il est couramment utilisé dans des ouvrages de référence. Nous ne sommes pas, non plus, revenus à Berthelot. L'examen des programmes montre que les élèves raisonnent couramment avec des modèles moléculaires comme assemblages d'atomes, avec l'interprétation microscopique des concepts de température et de pression, avec la notion de courant électrique comme courant de charges, avec l'idée que la matière est constituée de protons, neutrons et électrons, etc. Bref, le double regard macroscopique et microscopique est sollicité depuis la seconde, et l'interprétation de la réaction chimique en termes de chocs efficaces fait explicitement partie des contenus du programme de terminale.

Il convient cependant de proposer aux élèves des symboles qui distinguent bien les deux

échelles. L'échelle macroscopique est celle qu'ils pratiquent au laboratoire. Ils observent qu'une transformation se déroule dans un seul sens, déterminé par les conditions initiales. En comparant le quotient réactionnel à la constante d'équilibre, ils peuvent même prévoir le sens de l'évolution. Mais quel que soit le sens de cette évolution, matière et charges se conservent. Le signe « $\rightleftharpoons$ », dans l'écriture « $A + B = C + D$ », exprime ces lois de conservation. Dans cette logique, $\rightleftharpoons$ doit être réservée à la description microscopique, au mécanisme réactionnel. Mais quel est-il en vérité ? Considérons la synthèse de l'ammoniac. Va-t-on faire croire aux élèves que la collision simultanée de quatre molécules produit deux molécules d'ammoniac, ou qu'à l'inverse la collision de deux molécules d'ammoniac restitue les réactifs initiaux, comme le suggère l'écriture : $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$? Le mécanisme réactionnel est bien plus complexe que ce qu'en dit l'équation ci-dessus, et il ne peut être abordé au lycée.

$\rightleftharpoons$, dans cet exemple, ne correspond donc ni à l'échelle macroscopique ni à l'échelle microscopique. À quoi correspond-elle, alors ? À un choix de représentation possible, auquel tiennent ceux qui en ont l'habitude. Mais les élèves n'ont pas d'habitude, ils n'ont rien à abandonner. Si leurs professeurs leur disent que le signe « $\rightleftharpoons$ » exprime des lois de conservation qui ne préjugent ni du sens de l'évolution globale ni des processus microscopiques, ils le prendront comme tel. (...)

Jacques TREINER, Président du Groupe d'experts des programmes du secondaire pour la physique et la chimie. Retrouvez l'intégralité de sa lettre sur le site de *Pour la Science*.

Réponse de H. This, G. Bram et B. Denoyer

La réponse de J. Treiner à notre point de vue est peu convaincante. Ne nous arrêtons pas sur l'introduction, qui utilise l'argument d'autorité (le ministre actuel présidait le Conseil national des programmes) et sur les confusions entre niveaux (nous avons parlé de la double flèche au lycée seulement, et de la molécule à l'école). En revanche, ne laissons pas croire que les « ouvrages de références » utilisent le signe égal : la consultation des principaux manuels de chimie (ceux de Atkins, Volhardt, Huhey, March, Jean-Marie Lehn) nous fait conclure que les chimistes et des physiciens comme J. Treiner n'ont pas les mêmes lectures. Les lois de conservation sont aussi bien exprimées par $\rightleftharpoons$ que par « $\rightleftharpoons$ », et $\rightleftharpoons$ ne présume pas non plus du sens de la transformation ; ainsi pour la réaction de synthèse gazeuse de l'ammoniac, aucune des deux notations ne préjuge de la nature de la transformation et du mécanisme réactionnel. Nous avons le sentiment qu'une notation ne doit être changée que si la nouvelle notation facilite la compréhension d'un phénomène. En quoi le signe « $\rightleftharpoons$ » exprime-t-il mieux que $\rightleftharpoons$ l'équilibre entre les différentes espèces chimiques ? Van't Hoff a bien expliqué pourquoi $\rightleftharpoons$ a l'avantage sur le signe « $\rightleftharpoons$ » de montrer que l'équilibre est dynamique.

Au fait, et la molécule dès l'école ?