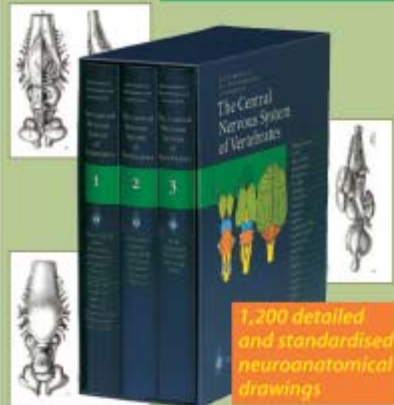
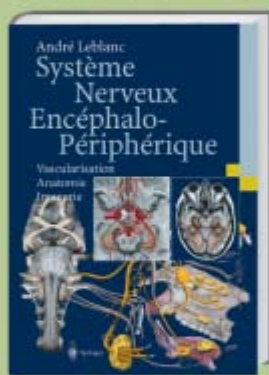


Pour plus d'information,
consultez notre site :
<http://www.springer.de/lifesci/>
ou demandez notre catalogue

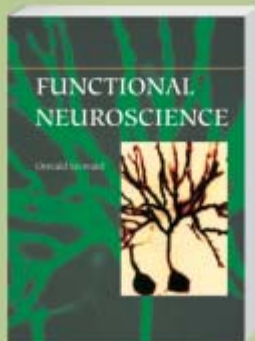
Neurosciences



1998. XXXV, 2219 p. 1318 figs., 49 tabs.,
5 posters in colour,
(3 volumes, not available separately).
Hardcover 1792,45 €* - ISBN 3-540-56013-0



2001. XI, 438 p. 349 fig. contenant 923 ills.,
la plupart en couleur.
Relié 289 €* - ISBN 3-540-67549-3



2000. XV, 549 pp. 306 figs., 89 in color.
Softcover 63,25 €* - ISBN 0-387-98543-3



Springer

Springer-Verlag
1, rue Paul-Cézanne • 75008 Paris
Tél. : 00800 777 46 437 • Fax : 01 53 93 37 29

* Prix TTC en France. Pour les autres pays, la TVA locale est applicable.
Les prix indiqués en autres détails sont susceptibles d'être modifiés sans avis préalable.

exemple une combinaison aléatoire des fragments d'un objet. À noter que dans l'un et l'autre cas, les aires visuelles primaires sont également activées, ce qui montre bien que l'identification d'objets se situe au-delà de la simple réception de stimulus, et met en jeu des ensembles de neurones qui pourraient être une base spécifique de la perception consciente.

Dans ces expériences, c'est avant tout l'aspect intentionnalité de la perception, la référence à un objet, qui est considéré. Qu'en est-il de l'aspect qualia, celui des colorations affectives? L'approche neurobiologique confirme les données de la psychologie expérimentale, et les descriptions phénoménologiques : les qualia sont étroitement associés, dans la perception normale, à la référence à l'objet, mais ils peuvent en être dissociés et sont codés par des neurones différents. Ces derniers, situés essentiellement dans le système limbique, sont fortement connectés aux neurones qui représentent les objets. Ainsi, de façon générale, la neurobiologie des qualia ne semble pas présenter de difficultés insurmontables.

La principale difficulté de l'étude des corrélats des représentations conscientes n'est pas l'aspect qualia, mais demeure l'intrication de processus conscients et de processus inconscients à l'intérieur du même état conscient. Généralement, les expériences ne surmontent pas complètement cette difficulté : si la référence à un objet multidimensionnel et invariant est un bon marqueur d'un processus conscient, elle n'exclut pas la mise en jeu de processus inconscients. Actuellement la meilleure solution à ce problème est la méthode fondée sur la «rivalité binoculaire». Ce phénomène s'observe dans les conditions suivantes : si deux objets différents, D et G, sont présentés respectivement à l'œil droit et à l'œil gauche, le sujet ne les voit pas simultanément, il voit tantôt l'un, tantôt l'autre à des intervalles irréguliers de quelques secondes. En d'autres termes, la perception d'un objet donné,

D ou G, est tantôt consciente, tantôt inconsciente. Ainsi, il est possible, en principe, de détecter les signatures neurobiologiques respectives de la forme consciente et de la forme inconsciente d'une perception visuelle. Les résultats obtenus avec cette méthode sont complexes et encore peu nombreux, mais ceux de Nikos Logothetis, de l'Institut Max Planck, à Tübingen, en particulier, tendent à confirmer que perception consciente et perception inconsciente ont des bases cérébrales distinctes. Chez le singe, la perception consciente met surtout en jeu certaines régions du cortex temporal et du cortex frontal.

Ni globalisme ni réductionnisme

Ce survol rapide ne laisse qu'entrevoir toute la richesse de la neurobiologie de la conscience. Ainsi, se limitant souvent, pour éviter une trop grande technicité, à l'indication des régions cérébrales impliquées dans tel ou tel aspect de la conscience, il peut donner l'impression que la neurobiologie de la conscience est «localisationniste», mais il n'en est rien. Elle est capable de vues dynamiques grâce à l'imagerie cérébrale et à l'électrophysiologie. De plus, au-delà des données neuroanatomiques, elle met en évidence des mécanismes précis : ainsi les transitions conscient-inconscient dépendent pour une bonne part de l'activation d'un courant électrique dû aux mouvements des ions calcium à travers la membrane de certains neurones du thalamus.

Dans l'état actuel des connaissances, la base neurobiologique de la conscience n'est pas une certaine configuration d'ensemble d'un système nerveux équipotentiel (holisme) ou un type particulier de neurones, d'organites intracellulaires ou de molécules (réductionnisme) ; ses différentes composantes apparaissent comme des interactions particulières d'ensembles déterminés, identifiés ou identifiables, de neurones mettant en jeu une grande variété de mécanismes cellulaires et moléculaires.

Jean DELACOUR est professeur honoraire de l'Université Paris 7, où il a fondé, après avoir travaillé à l'Institut américain de la santé, à Bethesda, aux États-Unis, le Service d'enseignement et le Laboratoire de neurosciences comportementales.

Gerald EDELMAN, *Biologie de la conscience*, Odile Jacob, 1992.

Stanislas DEHAENE, *Le cerveau en action*, PUF, 1997.

Jean DELACOUR, *Conscience et cerveau, La Nouvelle Frontière des Neurosciences*, DeBoeck, Bruxelles, 2001.

M. GAZZANIGA, R. IVRY et G. MANGUN, *Neurosciences cognitives*, DeBoeck, Bruxelles, 2001.

L'exploration du cortex par son activité électromagnétique

BERNARD RENAULT • LINE GARNERO

Dans une nouvelle méthode d'exploration du cerveau, l'imagerie électromagnétique, on enregistre les signaux électriques et magnétiques produits par l'activation des neurones. On peut notamment observer des modifications de la représentation du corps dans le cortex.

En 1648, dans son *Traité de l'homme*, Descartes imaginait comment l'esprit, soufflant sur les mécanismes du cerveau, pourrait mettre en action toute la machinerie humaine : « Ainsi vous pouvez avoir vu, dans (...) les fontaines de nos Rois, que la seule force dont l'eau se meut en sortant de sa source est suffisante pour y mouvoir diverses machines, et même pour les y faire (...) prononcer quelques paroles. » Aujourd'hui, nos idées sur l'esprit ont beaucoup évolué, bien sûr, mais nous réalisons le rêve de Descartes : nous commençons à voir tourner les rouages d'un cerveau qui pense.

Cette prouesse nécessite des techniques qui nous révèlent l'intérieur du cerveau avec une grande précision temporelle (de l'ordre de la milliseconde) et une bonne résolution spatiale (inférieure à quelques millimètres cubes). Cela est désormais possible grâce à l'usage complémentaire de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et de l'imagerie électromagnétique : l'électroencéphalographie (EEG) et la magnétoencéphalographie (MEG). Ces techniques révèlent les zones du cerveau qui sont activées par des tâches sensorielles, motrices ou cognitives.

L'IRM fonctionnelle enregistre les variations locales du débit sanguin dans le cerveau (les activités cérébrales consomment de l'oxygène, de sorte que le débit sanguin augmente pour satisfaire les besoins). Cet enregistrement est réalisé sur l'ensemble du volume cérébral, ce qui nécessite un temps d'acquisition d'environ une demi-seconde. Ainsi, les images IRM sont séparées par des intervalles de temps longs, à l'échelle de l'activité neuronale, et les phénomènes mesurés ont eux-mêmes une grande inertie, de sorte que le « film » obtenu ne permet pas d'étudier avec une résolution temporelle suffisante l'évolution de l'activité neuronale dans le temps. En revanche, la résolution spatiale de ces images, de l'ordre du millimètre cube, est excellente.

Les méthodes électromagnétiques, quant à elles, enregistrent directement, en temps réel, sur le scalp et, par conséquent, à distance des sites actifs, les signaux électriques et magnétiques émis par des réseaux de neurones activés au cours de la tâche cognitive considérée. Ces enregistrements sont réalisés toutes les millisecondes, voire

plus rapidement si nécessaire. Comme pour l'IRMf, la résolution spatiale du MEG ou de l'EEG est de l'ordre de quelques millimètres cubes. Cependant de nombreuses difficultés pour localiser précisément les sources des signaux enregistrés ne permettent d'atteindre cette précision que lorsque la zone cérébrale responsable du signal est faiblement étendue, ce qui est rarement le cas. En général, on ne peut dire avec une grande précision où se trouvent les sources du signal capté en surface. Ainsi, les images électromagnétiques révèlent l'activité cérébrale en temps réel, mais ne peuvent préciser le nombre et la position des sites actifs comme le fait l'IRM fonctionnelle (voir *L'imagerie cérébrale : IRM et TEP*, par Bernard Mazoyer, page 42). Par conséquent, tout plateau d'imagerie fonctionnelle cérébrale humaine doit comprendre une IRM fonctionnelle et une machine MEG-EEG. En France, depuis 1998, il existe un système MEG-EEG réalisant des images de la tête entière, dédié à la recherche publique fondamentale et clinique, à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, où une IRM fonctionnelle de recherche devrait être bientôt disponible.

La source des signaux

Comment sont produits les champs détectés par les systèmes d'imagerie MEG et EEG ? L'excitation d'un neurone entraîne l'ouverture de canaux ioniques au niveau de sa membrane. La composition ionique à l'intérieur de la cellule est différente de celle de son environnement, aussi l'ouverture de ces canaux engendre-t-elle un mouvement de particules chargées, c'est-à-dire un courant électrique, dans les milieux intracellulaire et extracellulaire. Les courants intracellulaires sont aussi nommés « courants sources » ou « courants primaires » et se propagent le long de l'axone ou des dendrites du neurone. Les solutions ioniques devant rester partout électriquement neutres, les courants primaires provoquent des déplacements d'ions, dits secondaires ou volumiques, à l'extérieur de la cellule, c'est-à-dire des lignes de courant qui se ferment après circulation dans le volume entier de la tête (voir la figure 2). Un courant électrique engendre, dans l'espace qui l'entoure, un champ magnétique, et deux