

par émission de positons ou la résonance magnétique fonctionnelle, révèlent comment différentes régions cérébrales d'une personne participent à un effort mental donné, par exemple l'association d'un mot à un objet, ou la reconnaissance d'un visage. On commence même à connaître les molécules qui, à l'intérieur des microscopiques circuits neuronaux, participent à ces tâches mentales, et l'on identifie les gènes qui produisent ces molécules.

Il y a une quarantaine d'années, à l'Université Harvard, David Hubel et Torsten Wiesel ont apporté les premiers indices sur la façon dont les circuits cérébraux représentent la forme d'un objet : ils ont montré que certains neurones du cortex visuel primaire réagissent spécifiquement à des bords orientés selon des angles précis, dans le champ visuel. Puis D. Hubel et sa collègue Margaret Livingstone ont montré que d'autres neurones du cortex visuel primaire réagissent sélectivement à la couleur, mais pas à la forme. Au Collège universitaire de Londres, Semir Zeki a montré que certaines régions du cerveau qui reçoivent l'information sensorielle après le cortex visuel primaire sont spécialisées pour la suite du traitement de la couleur ou du mouvement. Ces résultats expliquaient les observations faites sur des personnes ayant des anomalies neurologiques : des lésions de régions particulières du cortex visuel brouillent sélectivement la perception des couleurs, sans perturber celle des formes ou du mouvement. D'après l'ensemble des données, on suppose aujourd'hui qu'il existe une correspondance étroite entre la structure d'un objet vu par l'œil et l'activité neuronale engendrée dans le cortex visuel de l'organisme qui voit cet objet.

D'autres progrès remarquables ont amélioré la compréhension des mécanismes de l'apprentissage et de la mémoire. Ainsi, le cerveau utilise des systèmes distincts selon le type d'apprentissage. Les ganglions de la base et le cervelet sont indispensables à l'apprentissage de certaines activités, par exemple faire de la bicyclette ou jouer d'un instrument de musique ; l'hippocampe assure l'apprentissage de faits liés aux personnes, aux lieux ou aux événements. Une fois les faits enregistrés, leur mémorisation durable repose sur des systèmes cérébraux multicomposants, dont certains éléments

clefs sont localisés dans les aires du cortex cérébral.

Les mécanismes de mémorisation à long terme des faits nouvellement enregistrés ont lieu à l'échelle des neurones, voire des molécules : ces faits sont «gravés» dans les circuits neuronaux. La force de la gravure dépend du renforcement ou de l'affaiblissement des contacts entre les neurones, les synapses. Eric Kandel, de l'Université Columbia, et Timothy Tully, du

Laboratoire de Cold Spring Harbor, ont récemment montré que de nouvelles protéines doivent être synthétisées pour que la gravure ait lieu ; elles sont produites par des gènes spécifiques, activés dans les neurones qui assurent la consolidation de la mémoire.

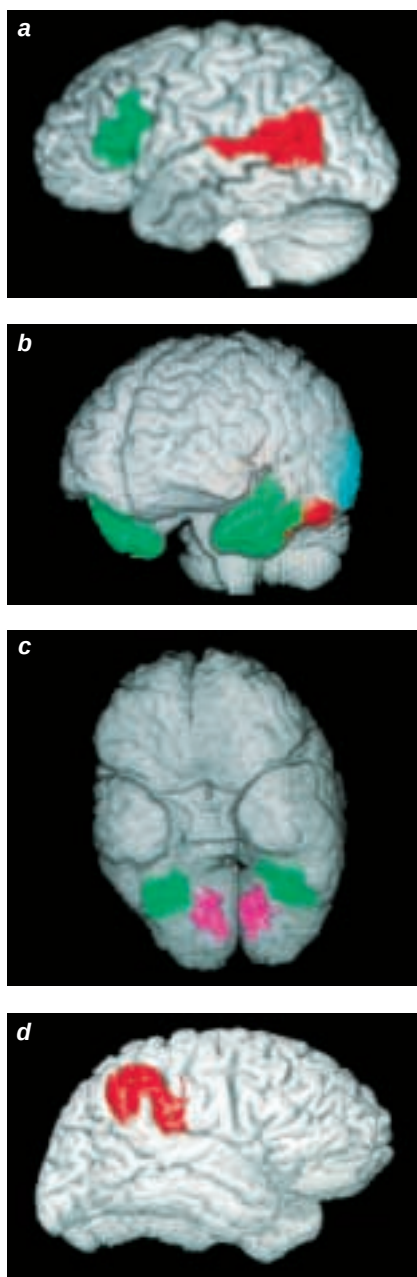
L'étude du langage, des émotions et de la prise de décisions a également apporté des informations intéressantes. Quelle que soit la fonction mentale considérée, on identifie des régions du cerveau qui contribuent ensemble à son élaboration. À un état mental ou à un comportement correspond l'activation de régions cérébrales spécifiques, et à chaque région – par exemple, le cortex visuel primaire, une aire de traitement du langage, ou un centre de l'émotion – correspond un circuit neuronal microscopique.

Les progrès impressionnants qui ont été réalisés dans l'étude du cerveau ne sont que des prémices. Les méthodes d'analyse progressent, donnant une idée de plus en plus fine du fonctionnement cérébral, à l'échelle moléculaire ou à l'échelle intégrée des réseaux qui constituent le cerveau. Chaque découverte précise les correspondances entre les états cérébraux et les états mentaux, entre le cerveau et l'esprit. À mesure que les techniques progressent et que l'inventivité des chercheurs se concrétise, les structures physiques et les activités biologiques qui constituent les films qui se déroulent dans nos cerveaux se précisent.

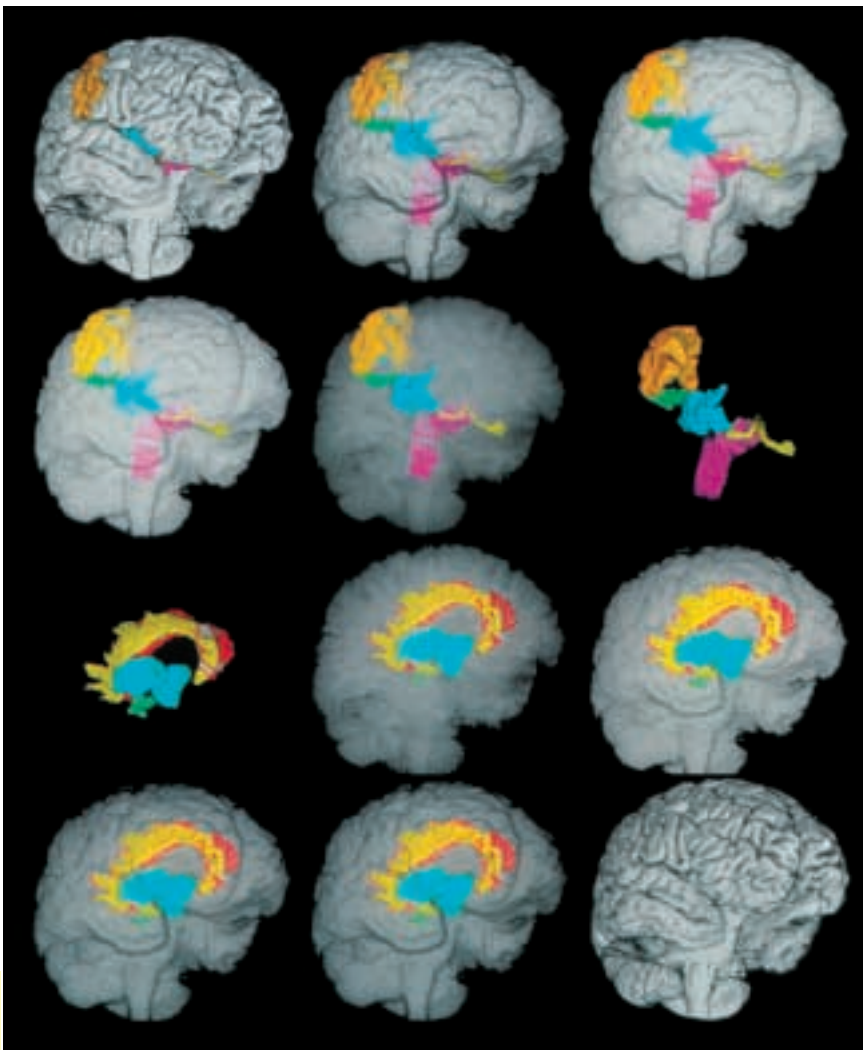
Du cerveau au soi

Le rythme des progrès et l'abondance des résultats accumulés devraient convaincre nombre de sceptiques que les bases neuronales de ces films sont accessibles. Il restera encore à leur faire accepter que l'on pourra résoudre l'autre aspect de la question de l'esprit et de la conscience : celle de l'émergence du sens de soi. J'admets que l'on ne résoudra pas simplement cet aspect du problème, mais j'ai proposé une solution dans mon nouveau livre *Le sentiment même de soi*.

Cette hypothèse est fondée sur une capacité spécifique du cerveau : celle de la représentation de son environnement. Les cellules du cœur ou du foie ont un rôle fonctionnel, mais elles ne représentent rien d'autre. Au contraire, les cellules du cerveau, à



3. CERTAINES TÂCHES activent des zones cérébrales spécifiques. Des zones du langage sont activées sur les images a et b. Sur l'image c, les aires de traitement des couleurs apparaissent en rouge et celles de la reconnaissance des visages en vert. Le sens de son propre corps apparaît en rouge sur l'image d.



4. LE SENS DU SOI est localisé au centre du cerveau : un logiciel de traitement d'images qui laisse apparaître les régions profondes du cerveau montre quelques zones responsables du maintien de l'équilibre physiologique, des émotions, de l'éveil et du sens du soi.

tous les niveaux du système nerveux, représentent des entités ou des événements qui se produisent ailleurs dans l'organisme. Par construction, les neurones se préoccupent de ce qui a lieu ailleurs : ce sont les cartographies nées de la géographie de l'organisme et des événements qui s'y déroulent. On s'interroge souvent sur l'aspect mystérieux de l'«intentionnalité» de l'esprit dans la représentation des objets : pourquoi les états mentaux représentent-ils les émotions internes et les interactions avec le monde extérieur ? Si la question préoccupe les philosophes, elle trouve sa réponse en termes darwiniens : l'évolution a façonné un cerveau qui représente directement l'organisme et qui représente indirectement tout ce qui interagit avec l'organisme.

L'intentionnalité naturelle du cerveau nous conduit alors à constater que

ce dernier est équipé de dispositifs qui contrôlent la vie de l'organisme de façon que les équilibres chimiques internes qui conditionnent la survie soient sans cesse respectés. Ces dispositifs ne sont ni hypothétiques ni abstraits : ils sont au centre du cerveau, dans le tronc cérébral et dans l'hypothalamus. Ces dispositifs cérébraux représentent aussi, nécessairement, les états de l'organisme en perpétuel changement. Autrement dit, le cerveau est doté de moyens naturels qui lui permettent de représenter la structure et l'état de l'ensemble de l'organisme.

Comment passer de ce soi biologique à la conscience de soi, c'est-à-dire à l'idée que nos pensées sont construites de notre propre point de vue, sans tomber dans le piège de la théorie de l'homuncule, cet être supérieur omniscient que notre cerveau hébergerait et qui interpréterait la réa-

lité ? Comment peut-on s'observer soi-même et observer son environnement ? Je suis persuadé que les clés biologiques du sens de soi sont cachées dans ces dispositifs cérébraux qui représentent, à chaque instant, la continuité d'un même organisme.

Plus précisément, je suppose que le cerveau utilise des structures qui cartographient à la fois l'organisme et les objets extérieurs, créant une représentation nouvelle, de second ordre. Cette dernière indique que l'organisme, tel qu'il est représenté dans le cerveau, interagit avec le monde extérieur, également représenté dans le cerveau. La représentation de second ordre n'est pas une abstraction : elle a lieu dans des structures neuronales telles que le thalamus et le cortex cingulaire.

Cette représentation, par laquelle l'organisme est informé qu'il est le propriétaire du processus mental en cours, fournit une réponse à la question que l'on ne pose jamais : à qui cela arrive-t-il ? Ainsi le sens d'un soi qui sait est créé : c'est la base d'une perspective personnelle qui caractérise la conscience.

Encore une fois, dans une perspective darwinienne, la nécessité d'un sens du soi s'éclaire : comparons un organisme conscient de lui-même et un autre organisme sans conscience ; celui qui est conscient, c'est-à-dire qui a à l'esprit le film de ce qu'il a déjà vécu, par exemple la douleur causée par un objet particulier, peut éviter tout contact avec cet objet, et il est avantagé par rapport à l'organisme inconscient du danger. D'un point de vue évolutif, la conscience de soi est un avantage incontestable pour la survie.

Pour reprendre la métaphore du film, je pense que le sens du soi, dans l'acte de connaissance, naît dans le film lui-même. Elle fait partie du film, de sorte que sont mis en présence l'observé et l'observateur, le pensé et le penseur. Il n'y a pas de spectateur des films qui se déroulent dans un cerveau. L'idée du spectateur est intrinsèque au film, et aucun homuncule ne hante la «salle de cinéma». Des mécanismes cérébraux objectifs élaborent la subjectivité de l'esprit conscient à partir de cartographies sensorielles. Comme la cartographie sensorielle la plus fondamentale retrace les états de l'organisme et se manifeste sous forme de sentiments, le sens du soi dans l'acte de connaissance se

traduit par un sentiment particulier, le sentiment de l'interaction d'un organisme et d'un objet.

Et demain ?

Je ne suis pas assez insensé pour faire des prévisions sur ce qui pourra ou ne pourra pas être découvert, sur le moment de ces découvertes, ou encore sur le chemin qui y mènera. Toutefois, on peut raisonnablement affirmer que, d'ici 2050, notre connaissance des phénomènes biologiques aura suffisamment progressé pour que nous soyons débarrassés des séparations traditionnelles entre le corps et le cerveau, le corps et l'esprit, ou encore le cerveau et l'esprit.

Certains craignent que l'esprit humain, précieux et respectable ne soit rabaissé par l'élucidation de sa structure physique. Je n'ai pas cette crainte, car je suis convaincu que l'admiration que nous éprouvons à son égard sera simplement transférée aux microstructures fascinantes de l'organisme et aux fonctions si élaborées qui leur permettent d'engendrer l'esprit. En découvrant les secrets de l'esprit, nous le percevrons comme l'ensemble de phénomènes biologiques le plus élaboré de la nature, et non plus comme un mystère insondable. L'esprit survivra à l'explication de sa nature, tout comme le parfum de la rose continue d'embaumer, même si l'on en connaît la structure moléculaire.

Antonio DAMASIO dirige le Département de neurologie de la Faculté de médecine de l'Université d'Iowa. Il est également professeur à l'Institut Salk d'études biologiques, à San Diego.

John R. SEARLE, *The Rediscovery of the Mind*, MIT Press, 1992.

Gerald M. EDELMAN, *Bright Air, Brilliant Fire : On the Matter of the Mind*, Basic Books, 1993.

David H. HUBEL, *L'œil, le cerveau et la vision*, L'Univers des Sciences, Éditions Pour la Science, 1994.

Antonio R. Damasio, *L'erreur de Descartes*, Éditions Odile Jacob, Sciences, 1995.

Antonio R. DAMASIO, *Le sentiment même de soi : corps, émotion, conscience*, Éditions Odile Jacob, Sciences, 1999.

Paul M. CHURCHLAND, *Matière et conscience*, Éditions Champ Vallon, 1999.

PIERRE THUILLIER

La revanche des sorcières

L'irrationnel et la pensée scientifique

BELIN

La science, nous dit-on, est «objective» et «neutre». Un fossé pratiquement infranchissable séparerait la rationalité scientifique du domaine maudit de «l'irrationnel».

Le puritanisme rationaliste, pourtant, risque fort de dissimuler la profondeur et la multiplicité des relations qui unissent le monde de la science à celui de la religion, pis encore à celui de la magie. Maints exemples, dont le plus fameux est sans doute fourni par Newton, sont là pour le confirmer : la science expérimentale a une dette envers les sciences dites «occultes».

Pierre Thuillier est philosophe et historien des sciences. Il enseigne à l'université Paris VII.

code 2110 – 160 pages

Prix : 132 F

Voir bon de commande p. 98

BELIN