

Aujourd'hui, la description des phénomènes neurobiologiques est toujours incomplète : nous n'avons pas élucidé tous les détails moléculaires du fonctionnement des neurones et de leurs connexions ; nous ne comprenons pas encore le comportement des groupes de neurones d'une région donnée du cerveau et, *a fortiori*, des systèmes auxquels participent les différentes régions cérébrales. Nous commençons tout juste à comprendre que les interactions de régions cérébrales non contiguës aboutissent à des états biologiques notablement plus élaborés que celui qui correspondrait à la simple somme des constituants.

Nous n'avons pas encore élucidé tous les mécanismes biologiques, ni les phénomènes physiques qui sont sous-jacents à la biologie, de sorte que nous ne pouvons déclarer que le problème de la recherche de la conscience et de l'esprit est insoluble. Nous n'avons fait une étude exhaustive du cerveau ni sur le plan neurobiologique ni sur le plan physique. Ainsi, la description la plus fine de l'esprit, par exemple lors de l'élaboration rapide d'images sensorielles, de leur modification ou de leur superposition, nécessitera peut-être un traitement quantique. À l'Université d'Oxford, le mathématicien Roger Penrose a proposé que la conscience repose sur des phénomènes quantiques qui se produisent dans certains éléments des neurones, les microtubules. Toutefois, même si j'évoque la possibilité que des phénomènes quantiques se produisent, je n'adhère pas nécessairement à la théorie de R. Penrose. Une description quantique des opérations aiderait peut-être à expliquer d'où vient l'esprit, mais elle ne me paraît pas indispensable pour comprendre comment nous savons que nous sommes dotés d'un esprit, c'est-à-dire d'une conscience.

La question de l'esprit et de la conscience reflète surtout notre ignorance, qui limite notre imagination, et qui tend à faire paraître le possible impossible. La «technique» cérébrale est si complexe qu'elle semble «magique» ou, du moins, inaccessible à la connaissance. Le gouffre apparent entre états mentaux et phénomènes biologiques reflète sans doute celui qui sépare, d'une part, la compréhension de l'esprit à laquelle nous sommes parvenus après des siècles

d'introspection et des années de recherches en sciences cognitives, et, d'autre part, le décryptage incomplet de l'activité neuronale par les neurosciences. Néanmoins, le fossé sera peut-être comblé par la neurobiologie. Rien n'indique que nous soyons au bord d'un abîme infranchissable qui séparerait le mental et le neuronal.

C'est pourquoi je soutiens que les mécanismes biologiques qui semblent aujourd'hui correspondre aux mécanismes de l'esprit sont effectivement les mécanismes de l'esprit. Je ne nie pas l'existence de l'esprit, et je ne dis pas que l'esprit aura disparu quand on

en aura élucidé tous les mystères biologiques. Je crois simplement que l'esprit, précieux et unique, est biologique, et qu'il sera un jour décrit en termes biologiques.

Que penser de l'objection selon laquelle l'esprit humain ne pourrait s'étudier lui-même ? Notons d'abord que le cerveau et l'esprit ne sont pas d'un seul bloc : ils sont constitués de plusieurs niveaux structurels, et le plus élevé crée des instruments qui autorisent l'observation des autres. Ainsi, le langage confère à l'esprit le pouvoir de classer les connaissances et les observations, selon des principes logiques, en vraies ou fausses. Même si nous devons rester modestes, car nous ignorons si nous parviendrons un jour à élucider totalement notre nature, nous nous devons d'essayer, au risque de contredire Aristote pour qui l'homme est infiniment curieux de sa propre nature.

Les raisons d'espérer

Pour résoudre l'énigme de l'esprit conscient, je propose de diviser le problème. D'abord, je propose d'étudier comment naissent ce que j'appelle un «film dans le cerveau». Un tel film est la somme, intégrée et unifiée, des diverses images sensorielles – visuelles, auditives, tactiles, olfactives – qui constituent l'esprit. Ensuite, je propose d'étudier la question du «soi», de chercher pourquoi je sais que tel film m'appartient. Ces deux approches sont liées, la deuxième découlant de la première, mais leur étude séparée est intéressante, car chacune de ces deux questions a sa propre réponse.

Les neurobiologistes étudient la question des films depuis près de 150 ans : le chirurgien français Paul Broca (1824-1880) et le psychiatre allemand Carl Wernicke (1848-1905) ont alors proposé que des régions distinctes du cerveau traitent les différents aspects du langage ; ce fut le début de la cartographie des régions du cerveau participant à l'élaboration des films. Récemment, grâce à des outils toujours plus performants, cette hypothèse a été validée.

Aujourd'hui, on enregistre directement l'activité des neurones (isolés ou en groupes) et on la relie à certains états mentaux, telle la perception de la couleur rouge ou d'une ligne courbe. Les techniques d'imagerie cérébrale, notamment la tomographie



Dmitry Shildovsky, d'après Todell et al., Journal of Neuroscience, May 1988.

2. LE CERVEAU est occupé à des tâches de représentation. Des études faites sur des macaques ont montré une remarquable similitude entre une forme observée (a) et la répartition des neurones activés dans l'une des couches du cortex visuel primaire (b).

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.

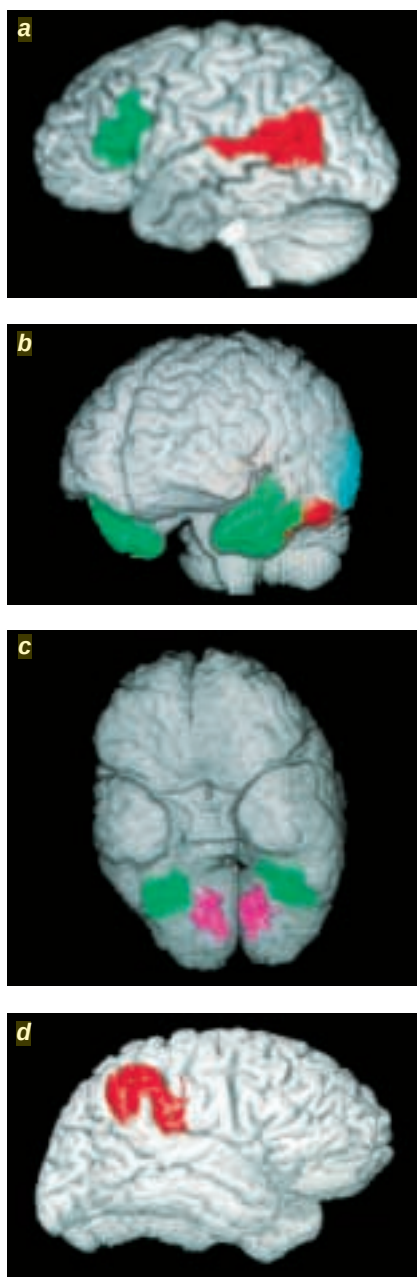
L'étude du langage, des émotions et de la prise de décisions a également apporté des informations intéressantes. Quelle que soit la fonction mentale considérée, on identifie des régions du cerveau qui contribuent ensemble à son élaboration. À un état mental ou à un comportement correspond l'activation 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.

Hanna Damasio