

que cet hémisphère avait ensuite dirigé la production du dessin.

Nous nous trompons. Nous avons finalement montré que l'intégration se faisait sur le papier, et non dans le cerveau. Un hémisphère avait fait dessiner l'élément qu'il avait vu – par exemple, l'arc – et, ensuite, l'autre hémisphère avait commandé la main dont il est responsable pour lui faire dessiner son propre stimulus – la flèche – par-dessus l'arc. La coïncidence des deux images n'était pas intentionnelle, comme nous l'avons observé en projetant des paires de mots moins faciles à intégrer comme «ciel» et «gratte» : le sujet ne dessinait pas un gratte-ciel, mais un ciel par-dessus un racloir.

Les limites de l'extrapolation

L'étude des communications entre les deux hémisphères a également montré les limites de l'extrapolation à l'homme du modèle animal. Depuis de nombreuses années, les neurobiologistes examinent les cerveaux des singes et d'autres mammifères pour explorer le fonctionnement du cerveau humain : on admet communément que l'organisation et la fonction du cerveau de nos proches cousins est semblable, sinon identique, à la nôtre.

Les études de cerveau divisé ont montré que cette hypothèse est fautive : bien que certaines structures et fonctions soient remarquablement similaires, les différences sont nombreuses. La commissure antérieure, localisée juste au-dessous du corps calleux, est une de ces structures par lesquelles l'homme diffère considérablement du singe. Lorsqu'elle est intacte, chez des singes au cerveau divisé, l'information visuelle passe d'un hémisphère à l'autre. Chez l'homme, au contraire, ce transfert n'a pas lieu. Ainsi, la même structure remplit des fonctions différentes chez des espèces différentes.

Même l'extrapolation entre humains est hasardeuse. Parmi nos résultats initiaux, l'un des plus frappants concernait le cerveau gauche : il traite le langage de manière autonome et permet un discours réflexif. Bien que le cerveau droit ne soit pas aussi autonome, nous avons trouvé qu'il traitait également certains aspects du langage, comme associer des mots à une image, épeler, faire des rimes et

catégoriser des objets. Nous n'avions jamais trouvé de capacité élaborée d'analyse syntaxique dans cette moitié du cerveau, mais nous estimions que ses capacités lexicales étaient assez importantes.

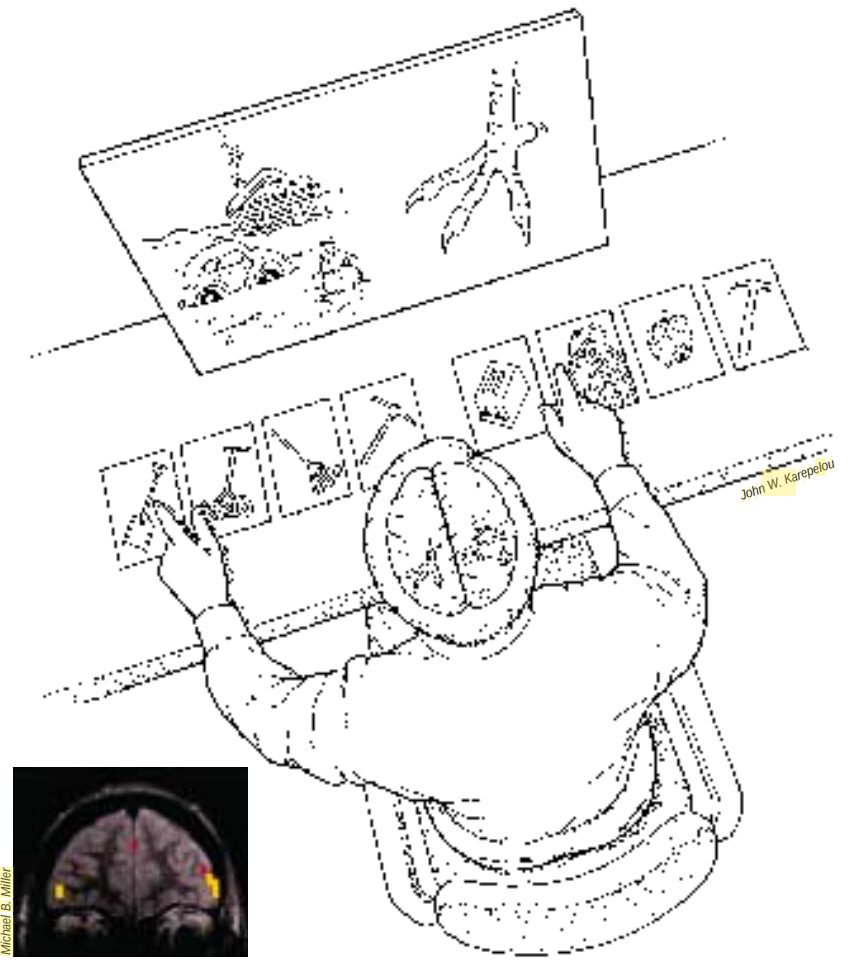
La suite des recherches montra que les trois premiers cas sur lesquels étaient fondées nos conclusions n'étaient pas représentatifs. Contrairement à ce que nous avions initialement observé, l'hé-

misphère droit de la plupart des individus est incapable de manipuler le langage, même de manière rudimentaire. Ce résultat est conforme à d'autres données neurologiques, en particulier celles provenant des victimes d'accidents vasculaires cérébraux : des lésions de l'hémisphère gauche perturbent beaucoup plus gravement les fonctions linguistiques que les lésions de l'hémisphère droit.

La recherche des faux souvenirs

Les faux souvenirs proviennent de l'hémisphère gauche du cerveau. Lorsqu'un sujet évoque un faux souvenir, des zones des deux hémisphères sont activées (*en jaune sur la photographie inférieure*), alors que seul l'hémisphère droit est activé lors de l'évocation d'un souvenir réel (*en rouge*). Nous avons étudié ce phénomène en testant la capacité narrative de l'hémisphère gauche. On montre quatre petites images à chaque hémisphère, ainsi qu'une image plus grande associée à l'une d'elles. Le patient doit désigner la petite image la plus pertinente. L'hémisphère droit – qui commande la main

gauche – choisit correctement la pelle pour la tempête de neige ; la main droite, commandée par l'hémisphère gauche, associe le coq à la patte d'oiseau. Puis nous avons demandé au patient pourquoi la main gauche – ou l'hémisphère droit – désignait la pelle. Seul l'hémisphère gauche conserve la capacité de parler, aussi est-ce lui qui a répondu, mais comme il ne pouvait pas savoir pourquoi l'hémisphère droit agissait, il a inventé une histoire à partir de ce qu'il pouvait voir, c'est-à-dire le coq. Le sujet a expliqué que l'hémisphère droit avait choisi la pelle pour nettoyer un poulailler.



Toutefois, la plasticité du cerveau et les variations individuelles sont très importantes. Un sujet développa la capacité à parler grâce à son hémisphère droit, 13 ans après l'intervention chirurgicale ; il peut aujourd'hui parler des objets qui sont vus par son hémisphère gauche comme de ceux qui sont vus par son hémisphère droit.

De même, une femme gauchère était capable de parler sous la direction de son hémisphère gauche, après section du corps calleux, ce qui n'a rien de surprenant en soi, mais qui le devient quand on sait que cette femme ne pouvait *écrire* que grâce à son hémisphère droit, l'hémisphère muet (normalement, l'écriture est assurée par l'hémisphère gauche). Cette observation confirme que la capacité d'écrire n'est pas nécessairement associée à la capacité de représentation phonologique. Autrement dit, l'écriture, dépendante du langage, est une invention de l'espèce humaine.

Malgré de nombreuses exceptions, la recherche sur les cerveaux divisés a

révélé une forte latéralisation, c'est-à-dire la spécialisation de chaque hémisphère. Les études des cerveaux divisés ont amené à intégrer la latéralisation dans ce que l'on nomme un modèle modulaire.

Des modules cérébraux

Les recherches en sciences cognitives, en intelligence artificielle, en psychologie de l'évolution et en neurosciences ont fait conclure que le cerveau est composé de sous-unités séparées ; ce n'est pas un système global de résolution de problèmes dont toutes les parties seraient capables de n'importe quelle fonction, mais un ensemble de modules aux fonctions spécifiques.

À l'intérieur de ce système modulaire, l'hémisphère gauche s'est révélé dominant pour les activités cognitives majeures, telles que la résolution de problèmes. La section du corps calleux ne semble pas modifier ces capacités. Tout se passe comme si l'hé-

misphère gauche n'avait pas besoin de l'importante puissance de calcul de l'autre moitié du cerveau pour exécuter ces activités de haut niveau. L'hémisphère droit, lui, résout les problèmes difficiles.

Avec Joseph LeDoux, nous avons découvert cette caractéristique de l'hémisphère gauche voici presque 20 ans. Nous nous étions demandé comment l'hémisphère gauche réagissait aux comportements produits par l'hémisphère droit silencieux. Nous présentions à chaque hémisphère une image ayant une relation avec une figure parmi quatre qui étaient placées en face du sujet au cerveau divisé. Les hémisphères droit et gauche reconnaissaient facilement la figure correcte : la main gauche pointait vers le choix de l'hémisphère droit, et la main droite vers celui de l'hémisphère gauche (*voir l'encadré page 75*).

Nous avons alors demandé à l'hémisphère gauche – le seul qui commande la parole – pourquoi la main gauche pointait en direction de l'objet. Il ne le savait pas, parce que la décision de pointer vers la carte était celle de l'hémisphère droit. Cependant, en une fraction de seconde, il trouvait une explication. Nous avons donné à ce talent créatif et narratif le nom de mécanisme interprète.

Elizabeth Phelps et ses collègues de l'Université Yale ont récemment étudié cette capacité fascinante afin de déterminer comment l'interprète de l'hémisphère gauche interagit avec la mémoire. L'étude a montré que les deux hémisphères traitent différemment de nouvelles données. En général, quelqu'un à qui l'on présente des informations nouvelles se souvient de la plupart des éléments de la situation. Puis, lorsqu'on oriente les questions, il déclare également se souvenir de choses qui n'ont pas existé. Quand on soumet des sujets au cerveau divisé à ce test, l'hémisphère gauche engendre de nombreuses fausses réponses, tandis que l'hémisphère droit produit des réponses plus justes.

Ce résultat éclaire les mécanismes de formation des faux souvenirs. Plusieurs théories qui invoquent différentes phases du cycle de traitement de l'information peuvent expliquer la genèse de ces souvenirs. Certains neurologues supposent qu'ils se développent au cours d'une phase précoce du cycle : les réponses erronées seraient mémorisées en même temps que l'événement. D'autres pensent que les faux souvenirs résultent d'erreurs dans la

La plasticité du système calleux

Les études de Michael Gazzaniga ont confirmé que la section du corps calleux effectuée chez le patient épileptique adulte entraîne un syndrome de déconnexion calleuse. En revanche, les enfants nés sans corps calleux – une affection relativement commune appelée l'agénésie du corps calleux – n'éprouvent aucune difficulté à effectuer des tâches nécessitant une collaboration des deux hémisphères. Ainsi, ces enfants peuvent nommer un objet tenu dans la main gauche bien que celle-ci soit en relation avec l'hémisphère droit, qui est non verbal. De même, ils peuvent aisément indiquer si des objets qu'ils manipulent, l'un dans chaque main, sont identiques ou différents. Une réorganisation cérébrale semble donc avoir eu lieu chez ces enfants afin de leur permettre une communication interhémisphérique relativement normale.

En fait, la plasticité du cerveau n'est pas limitée à ces cas d'anomalie congénitale. Nous avons montré que des chatons qui ont subi une section du corps calleux avant la fin de la myélinisation de cette structure, et donc avant l'atteinte de sa maturité fonctionnelle, arrivent à transférer un apprentissage visuel réalisé par un seul des deux hémisphères à l'hémisphère non entraîné.

Chez l'homme, comme la myélinisation du corps calleux n'est achevée que vers l'âge de 10 ans, nous avons tenté de véri-

fier si la section du corps calleux effectuée chez le jeune enfant provoquerait ou non un syndrome de déconnexion entre les deux hémisphères. Ce traitement de l'épilepsie a été effectué chez l'enfant pour la première fois au monde à l'Hôpital Sainte-Justine de Montréal, en 1979. Notre équipe a suivi le développement de ces enfants depuis leur opération et nous avons démontré que non seulement la chirurgie est efficace dans le traitement de l'épilepsie infantile, mais également que ces enfants, tout comme les enfants nés sans corps calleux, ont très peu de signes de déconnexion interhémisphérique.

Contrairement aux adultes étudiés par M. Gazzaniga, ces enfants arrivent à lire des mots qui sont brièvement présentés à leur hémisphère droit ; ils peuvent nommer des objets tenus dans leur main gauche et arrivent à comparer des objets tenus dans chaque main. Ainsi, lorsque la chirurgie du corps calleux est effectuée avant que l'enfant n'atteigne la puberté, le cerveau semble se réorganiser – vraisemblablement en conservant des circuits neuronaux qui disparaissent normalement avec la maturité –, ce qui maintient l'unité de la conscience dans l'organisme en développement.

Maryse LASSONDE et Franco LEPORE, Groupe de recherche en neuropsychologie expérimentale, Université de Montréal