

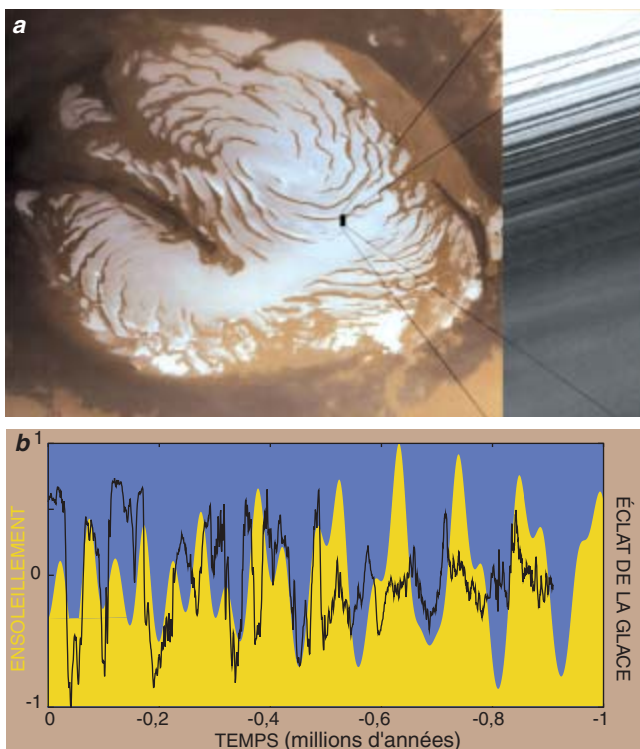
établir une chronologie absolue du dépôt de la glace aux pôles martiens et, par conséquent, à reconstruire une histoire du paléoclimat de la planète rouge.

Sans préjuger du mécanisme qui relie, chaque année, la quantité d'énergie solaire reçue par un hémisphère martien et l'éclat de la glace qui se dépose au pôle correspondant, Jacques Laskar de l'observatoire de Paris-Meudon et ses collègues ont comparé l'alternance des couches brillantes et sombres de la tranchée photographiée, avec les variations de l'ensoleillement de la moitié Nord de Mars telles qu'elles se déduisent de la mécanique céleste. Les astrophysiciens ont constaté que ces deux séries de données sont corrélées.

L'ensoleillement annuel d'un hémisphère dépend de paramètres orbitaux telles l'excentricité (l'aplatissement de l'orbite) et l'obliquité (l'inclinaison de l'axe de rotation de la planète sur le plan de son orbite). J. Laskar et ses collègues ont calculé l'évolution passée de ces paramètres sous l'effet conjugué des forces gravitationnelles exercées par le Soleil, par les neuf principales planètes du Système solaire (dont la Lune, considérée comme un objet à part) ainsi qu'en tenant compte des infimes corrections dues à la relativité générale. La mise en correspondance de ces variations avec la série des couches de glace observées sur Mars leur permet d'établir que les 350 mètres de tranchée couvrent environ 900 000 ans d'histoire martienne. Trois cycles de fort ensoleillement visibles sur les courbes calculées se retrouvent dans les 250 premiers mètres de glace qui correspondraient, par conséquent, à une durée de 500 000 ans. Ceci indique que la glace s'est déposée au rythme de 0,05 centimètre par an au cours de cette période. Les 400 000 années précédentes sont enregistrées dans les 100 mètres suivants de la tranchée ce qui semble signifier que, durant cette période, le rythme de dépôt de la glace était deux fois moindre.

Ces résultats sont en accord avec les estimations les plus élevées du rythme de dépôt des glaces polaires martiennes réalisées précédemment. Ils suggèrent que la calotte actuelle s'est formée lors des cinq derniers millions d'années. Cette formation récente de la calotte Nord soulève de nouvelles questions. Si elle est si jeune, c'est probablement que, durant les périodes précédentes, les étés furent assez ensoleillés pour éliminer les dépôts antérieurs. Dans ce cas, il est possible que l'eau qui s'évapora à ces époques reculées soit responsable des coulées désormais asséchées (les canaux de Mars) que l'on

observe ailleurs à la surface de la planète rouge. Cependant, l'étude des cratères qui marquent le pôle Sud de la planète indique que cette autre calotte est, quant à elle, âgée de 100 millions d'années. Pourquoi les variations d'ensoleillement auraient-elles davantage touché la calotte Nord que la calotte Sud ? Est-ce un nouvel exemple de l'étrange dissymétrie des deux hémisphères martiens ? Pour résoudre ces questions, d'autres études seront nécessaires ainsi que l'étude de la glace martienne *in situ*.



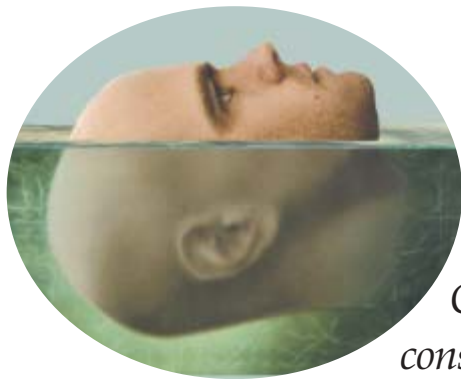
La calotte polaire martienne (a) est constituée de couches de glace (d'eau et de dioxyde de carbone) alternativement sombres et brillantes. Sans que le mécanisme qui relie les deux phénomènes soit bien compris, on constate une corrélation entre ces alternances et les variations passées de l'ensoleillement de l'hémisphère Nord de Mars (b). On établit ainsi que les 250 premiers mètres d'épaisseur se sont déposés en 500 000 ans.

Tous les livres scientifiques du monde entier !

www.Lavoisier.fr

- Plus de 750 000 ouvrages référencés dans tous les domaines
- Expédition en 24 h de 25 000 titres en stock
- L'e-Doc : service personnalisé et gratuit

www.Lavoisier.fr, la librairie scientifique de référence.



Les consciences

ÉLISABETH PACHERIE

Conscience de son environnement, conscience de ses pensées, conscience d'avoir conscience... les facettes de la conscience sont multiples. Toutefois, la conscience étant conscience de quelque chose et ayant un support physique, nous pouvons l'analyser par la biologie.

J'ai «conscience» de la cravate rouge qui est devant moi, j'ai conscience que 3 est la racine carrée de 9, j'ai conscience de faire une bêtise. Ces diverses acceptions du mot conscience renvoient à différents aspects de la vie mentale (nous nous intéresserons ici à la conscience psychologique, sans aborder la conscience morale, bonne ou mauvaise). Aussi nous interrogeons-nous : est-il possible de traiter de la conscience au singulier ? Dans cette optique, lorsqu'une théorie biologique de la conscience est présentée, il importe de nous interroger sur le type de conscience envisagé et de préciser si la biologie propose une théorie mécaniste et causale de la conscience ou, plus modestement, met en évidence certaines corrélations entre processus cérébraux et conscience.

Un animal ou un être humain est dit «conscient» quand il est en état d'éveil et réceptif aux stimulations externes ; il est considéré comme «inconscient» lorsqu'il est plus ou moins coupé du monde, endormi, évanoui ou dans un état de coma. Encore plus généralement, nous disons d'un être qu'il est conscient s'il est *susceptible d'être conscient* : une pierre ou un arbre ne sont pas conscients, car ils ne peuvent jamais l'être, alors que les êtres humains et les membres de nombreuses espèces animales sont des êtres conscients, même s'ils ne le sont pas toujours ou à divers degrés.

Dans les débats contemporains sur la conscience, les spécialistes distinguent deux notions de conscience. La conscience cognitive met l'accent sur la dimension intentionnelle de la conscience, la propriété qu'elle a de faire référence à quelque chose, de renvoyer à un objet, réel ou imaginaire. La conscience est cognitive au sens où elle est conscience de quelque chose : de mon environnement – par exemple, il pleut –, de mes états corporels – j'ai froid –, ou de mes états mentaux – je voudrais que la pluie cesse. La conscience phénoménale concerne les aspects subjectifs et qualitatifs de l'expérience consciente, l'effet que cela me fait de ressentir une douleur ou de voir du rouge. Ces qualités subjectives de l'expérience, que l'on appelle les qualia, ne sont accessibles qu'au sujet de l'expérience : elles sont privées, ineffables et incommunicables. La conscience phénoménale paraît donc plus difficile à étudier selon une approche neurobiologique que la conscience cognitive.

La conscience cognitive : il est minuit

Assise à mon bureau, je vois l'heure à la pendule, j'entends le bruit de la circulation dans la rue, je sens l'odeur du café montant de la tasse, je ressens des picotements dans

ma jambe, j'éprouve une sensation de faim. Cette première forme de conscience cognitive, la conscience primaire, consiste ainsi en des représentations conscientes de notre environnement et de notre corps.

À cette conscience primaire s'ajoute une forme plus élaborée de conscience cognitive, la conscience introspective ou réflexive, ma capacité d'inspecter mentalement le cours de mes pensées et de former des pensées de second ordre sur mes états mentaux, autrement dit de former des représentations conscientes de mes représentations. Je n'ai pas seulement conscience du bruit de la perceuse venant de l'appartement voisin, j'ai aussi conscience d'en avoir conscience. Mon chat a certainement aussi conscience du bruit de la perceuse, mais a-t-il conscience d'en avoir conscience ? Qu'en est-il d'un chimpanzé ? La capacité d'introspection s'accompagne chez moi de la capacité de rapporter verbalement le contenu de mes états mentaux. Ces deux capacités vont-elles nécessairement de pair ? Les êtres dotés de langage



1. CONSCIENCE COGNITIVE ET CONSCIENCE PHÉNOMÉNALE. Rien de ce que font et disent Raymond et Jeanine ne donne à penser qu'ils n'ont pas la même notion des couleurs. Si on leur demande de nommer des échantillons de couleur, ils sont toujours d'accord. Pourtant il est concevable que les impressions qualitatives, les qualia, qu'éprouve Jeanine en voyant des couleurs ne soient pas celles de Raymond. Ne se pourrait-il pas que Jeanine sente, à la vue du vert, ce que Raymond ressent en voyant du rouge et que l'effet que produit le rouge sur Jeanine corresponde à celui que produit le vert sur Raymond. Si leurs qualia étaient parfaitement inversés, il n'en paraîtrait rien dans leur comportement et nul ne le soupçonnerait. Voyant un cactus, tous deux diraient qu'il est vert, la conscience cognitive qu'ils auraient du cactus serait la même ; pourtant leur conscience phénoménale serait différente.

sont-ils seuls capables de conscience introspective? Comment le savoir? La question reste posée.

Enfin, une troisième forme de conscience cognitive, la conscience de soi, renvoie à la capacité que j'ai de me percevoir moi-même comme sujet de mes pensées, de saisir mon existence en tant qu'individu et de me distinguer d'autrui. L'analyse philosophique de cette notion est lourde de controverses. Quand, par l'introspection, j'ai conscience de mes pensées, perceptions et sentiments, ai-je aussi conscience d'un moi persistant qui en est le sujet? Ou bien n'appréhendé-je qu'un faisceau de perceptions? Si je n'ai pas d'accès introspectif à un moi persistant que je sache isoler de mes perceptions et de mes pensées, en quoi consiste alors la conscience de soi? Est-elle un accès à un modèle de soi, la possession d'un ensemble de représentations liées à nous-mêmes qui confère une certaine unité à notre vie mentale?

La conscience phénoménale : la madeleine de Proust

La conscience phénoménale porte sur les aspects subjectifs de la conscience, par exemple l'effet que produit en moi le son de la trompette, l'odeur de la rose, le goût du citron, le fait de tremper dans mon thé, ô Proust, la madeleine de mon enfance ; d'autres aspects subjectifs sont par exemple les sentiments de colère ou de tristesse, l'impression de chatouillement, l'image de l'être aimé. La conscience phénoménale sublime nos diverses expériences sensorielles, avec ses caractéristiques propres et indicibles. «J'ai dans l'âme une fleur que nul ne peut cueillir», affirmait Victor Hugo.

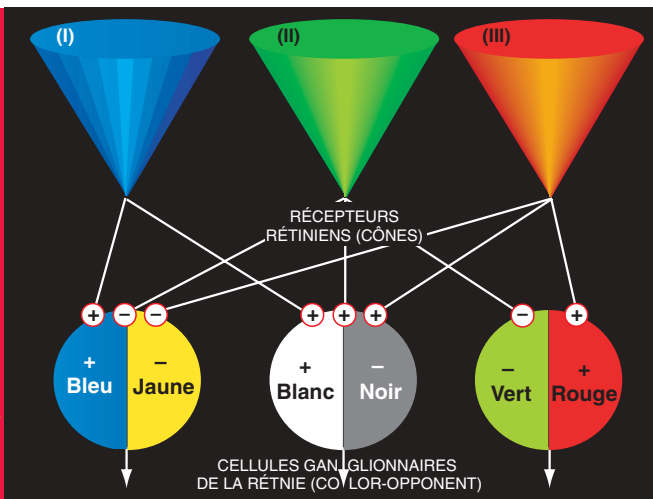
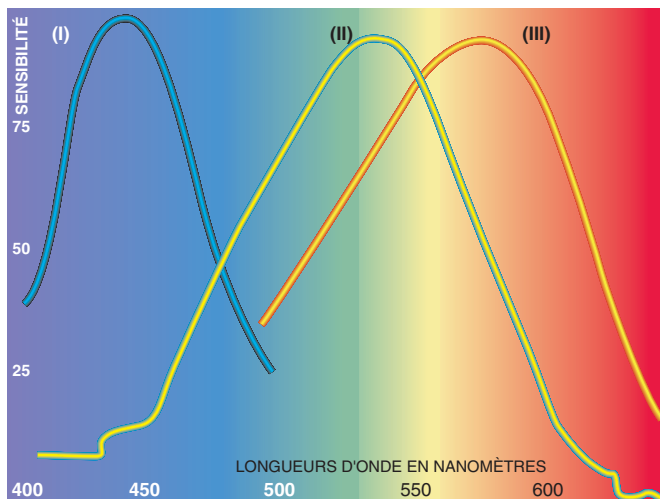
Une expérience visuelle a ses qualités subjectives propres qui la distinguent d'une expérience tactile, auditive ou olfactive et cette différence n'est pas seulement imputable au fait que les différents sens nous informent sur des propriétés

différentes du monde, comme la couleur pour la vue et la rugosité pour le toucher. Si la vue et le toucher nous renseignent tous deux sur la forme des objets, ce n'est pas la même chose d'éprouver visuellement une forme et de l'éprouver tactilement. Chaque modalité sensorielle est riche de qualités subjectives variées qui forment un réseau de relations. L'effet que nous fait le rouge est différent de l'effet du vert, du jaune ou de l'orangé, mais l'expérience du rouge nous paraît plus proche de celle du jaune, ou de l'orangé, que de celle du vert.

Un grand nombre d'expériences conscientes ont à la fois une dimension cognitive et une dimension phénoménale. C'est le cas de la perception dans ses différentes modalités ou encore des émotions. La peur que j'éprouve lorsque, me promenant dans les bois, je vois soudain un serpent au détour du chemin ne se réduit pas à une impression subjective (conscience phénoménale), l'émotion est aussi peur de ce serpent et du danger qu'il représente (conscience cognitive). Toutefois, conscience cognitive et conscience phénoménale ne sont pas toujours associées. Ma croyance consciente que la bataille de Marignan a eu lieu en 1515, ou qu'il existe une infinité de nombres premiers, ne semblent pas s'accompagner nécessairement d'une impression subjective particulière et sont purement cognitives.

Place de la conscience dans la vie mentale

Descartes soutenait que la conscience est constitutive de la pensée et que tout ce qui mérite d'être dénommé mental est conscient. Ainsi affirmait-il qu'«il ne peut y avoir en nous aucune pensée, de laquelle, dans le moment même qu'elle est en nous, nous n'ayons une actuelle connaissance». L'esprit est ainsi transparent à lui-même et l'idée d'une pensée inconsciente est, pour Descartes, absurde.



2. STRUCTURE DE L'ESPACE SUBJECTIF DES COULEURS. Il y a trois types de cônes : aussi le rouge, le vert et le bleu nous apparaissent-ils comme des couleurs pures (ou primaires). Toutefois, l'existence de ces cônes n'explique pas que le jaune nous apparaisse aussi comme une couleur pure et non comme un mélange, tels l'orangé ou le violet. Elle n'explique pas non plus pourquoi il n'existe pas de couleurs qui nous semblent des mélanges de rouge et de vert, ou de bleu et de jaune. Ces phénomènes résultent de l'existence d'autres cellules «color-opposées» dont les réponses aux longueurs d'onde de la lumière sont différentes de celles des cônes. Des cellules (dites + bleu/- jaune) sont activées par le bleu et inhibées par le jaune ; d'autres ont une réponse inverse. Il existe aussi des cellules - vert/+ rouge, + rouge/-vert, + blanc/- noir et + noir/- blanc. Quand

le signal issu des cônes active les cellules + rouge/- vert, provoquant ainsi une sensation de rouge, il inhibe en même temps les cellules + vert/- rouge, empêchant toute sensation de vert (et inversement). Il en va de même du jaune et du bleu. Il nous est donc impossible de voir une couleur comme un mélange de rouge et de vert ou comme un mélange de jaune et de bleu. Une couleur est perçue comme un mélange lorsque des cellules de type + bleu/- jaune (ou + jaune/- bleu) sont activées en même temps que des cellules + vert/- rouge (ou + rouge/- vert). Ainsi, l'orange correspond à l'activation simultanée de cellules + rouge/- vert et + jaune/- bleu. On perçoit une couleur pure lorsque les cellules activées appartiennent à un seul de ces quatre types et il y a donc quatre couleurs primaires : rouge, bleu, jaune et vert.

Thèse contestable. De Platon dans le *Ménon* à Schopenhauer, en passant par Leibniz et ses petites perceptions, l'idée de processus psychiques inconscients s'est insinuée en philosophie. Avant Freud, elle demeurait néanmoins marginale et l'énorme influence qu'a exercée la théorie psychanalytique a donné à l'existence de l'inconscient un statut d'évidence dans la culture contemporaine. Hors de la sphère psychanalytique, la psychologie cognitive met aujourd'hui l'accent sur le rôle joué, dans la vie mentale, par des processus et des contenus de pensée inconscients.

On notera qu'inconscient freudien et inconscient cognitif ne se ressemblent guère : l'inconscient freudien est une cristallisation de pulsions et de refoulements internes, alors que l'inconscient cognitif est un mode de traitement de l'information. En effet l'esprit-cerveau est conçu comme un système dont la fonction est d'extraire l'information véhiculée par les entrées sensorielles et d'opérer sur celle-ci diverses transformations qui permettent à l'organisme de guider efficacement son comportement.

L'objet des sciences cognitives est d'étudier les étapes de ce traitement, de déterminer les mécanismes et les codes qu'il met en œuvre, et d'identifier les substrats cérébraux de ces opérations cognitives. Or un grand nombre de données issues de la psychologie cognitive, de la neuropsychologie, des neurosciences et des techniques associées de neuro-imagerie montrent qu'une bonne partie des processus cognitifs impliqués dans la perception, la préparation motrice, le traitement sémantique de l'information ainsi que dans la mémoire ou les émotions ont lieu, ou peuvent avoir lieu, de manière inconsciente.

Notre vision a évolué : dans une perspective cartésienne, expliquer la pensée et expliquer la conscience constituaient un seul et même projet ; aujourd'hui, ces projets sont distincts ou plutôt ne se recoupent que partiellement. Expliquer la conscience revient à déterminer la spécificité des processus et états mentaux conscients par rapport à ceux qui sont inconscients.

Les états mentaux sont des états physiques

Dans le débat classique sur l'âme et le corps, les phénomènes physiques et les phénomènes mentaux sont supposés distincts ; au contraire, le point de vue contemporain est que les phénomènes mentaux constituent une classe particulière de phénomènes naturels. Les sciences cognitives récuse une dualité irréductible entre le physique et le mental et considèrent l'esprit comme un objet d'étude abordable par les méthodes des sciences de la nature. Aussi le problème n'est plus d'expliquer le mystère de l'interaction de deux «substances» distinctes, l'esprit et la matière, mais d'expliquer comment les processus physiques entraînent des phénomènes mentaux.

Il est naturel de supposer que nos états mentaux sont des causes de nos comportements, qu'ils dépendent eux-mêmes des stimulations sensorielles auxquelles nous sommes soumis, et qu'ils interagissent. De ce point de vue, les états mentaux sont définissables fonctionnellement, par leurs causes et par leurs effets. Ces analyses sont loin d'être faciles, mais si nous admettons que les états mentaux peuvent être caractérisés par leurs effets, les expliquer revient à déterminer comment ce rôle causal s'exerce. En principe, nous explicitons la causalité en montrant comment des mécanismes neurophysiologiques réalisent ces fonctions causales. Il ne

s'agit pas ici de ne relever que de simples corrélations entre processus mentaux et processus neurobiologiques, mais de tirer de ces corrélations une valeur explicative, dans la mesure où l'organisation causale caractéristique des processus mentaux en question est reflétée dans les neurones.

Comment cette stratégie explicative peut-elle porter ses fruits en ce qui concerne la conscience ? C'est ici que la distinction entre conscience phénoménale et conscience cognitive prend tout son poids, car les différentes formes de conscience cognitive paraissent seules susceptibles d'une caractérisation fonctionnelle. Daniel Dennett, de l'Université Tufts au Massachusetts, et Bernard Baars, de l'Institut Wright à Berkeley, parmi d'autres, ont proposé des modèles théoriques des modes de traitement de l'information et de la dynamique causale dans les processus mis en jeu par la conscience cognitive. B. Baars soutient, par exemple, que la conscience est un espace de travail global dans un système distribué de modules de traitement de l'information. Une partie de l'information traitée par ces modules est diffusée dans cet espace de travail global et devient accessible à l'ensemble du système cognitif. L'espace de travail global est ainsi le dépositaire des contenus de conscience. Pour valider le modèle de B. Baars et progresser vers une théorie biologique de la conscience, il faudrait mettre en évidence un ensemble de processus neurologiques reflétant l'organisation causale décrite par ce modèle.

Notons parallèlement qu'il serait simplificateur d'imaginer que la modélisation théorique se poursuit indépendamment de l'approche neurobiologique, laquelle n'interviendrait que dans un deuxième temps. L'une et l'autre progressent plutôt par un mouvement constant d'ajustement réciproque. Le chemin qui mène à une théorie biologique de la conscience cognitive est certes ardu et semé d'embûches, mais l'entreprise paraît en principe réalisable.

L'insaisissable conscience phénoménale

Aux yeux de beaucoup, tant philosophes que scientifiques, il en va autrement de la conscience phénoménale, où le contexte joue un rôle prépondérant : celle-ci ne semble pas se laisser définir ou caractériser fonctionnellement. Pourquoi la conscience cognitive s'accompagne-t-elle, sinon toujours du moins souvent (comme dans la vision du serpent déjà mentionnée), d'une expérience subjective ? Pourquoi, l'expérience subjective existe-t-elle ? Pourquoi une expérience qualitative particulière est-elle associée à la perception du vert et pourquoi celle-là plutôt qu'une autre ? Il ne serait sans doute pas difficile à un ingénieur de construire une machine capable de trier les objets verts et les objets rouges ou les formes carrées et les formes circulaires, mais nous ne serions pas tentés d'attribuer à cette machine des expériences subjectives. Or si un système peut distinguer le vert du rouge, les formes carrées des formes circulaires sans que l'exercice de cette capacité donne lieu à des expériences subjectives, pourquoi avons-nous de telles expériences et comment sont-elles possibles ?

Selon l'hypothèse de F. Crick, de l'Institut Salk, et de C. Koch, de l'Institut de technologie de Californie, l'activation synchronisée de neurones, à une fréquence d'environ 40 hertz, constituerait la base cérébrale de la conscience visuelle. Pourtant, en quoi une oscillation synchronisée à cette fréquence explique-t-elle le caractère subjectif de mon expérience visuelle ? En quoi cela explique-t-il que mon expérience ait



3. LA PEUR EST UN ÉTAT OBJECTIF. Nous pouvons caractériser fonctionnellement la peur par la définition suivante : la peur est un état causé par la perception d'une situation évaluée comme dange-

cette qualité particulière plutôt qu'une autre? Pourquoi cette oscillation et non un autre type d'activité cérébrale? Quelle impossibilité logique y aurait-il à concevoir une créature en tout point identique à nous, jusque dans ses oscillations synchronisées de neurones à 40 hertz, mais qui n'aurait aucune expérience subjective? Toutes ces questions sont autant d'illustrations de ce que l'on dénomme le «fossé explicatif» : qu'est ce qui, dans notre nature physique ou fonctionnelle, expliquerait pourquoi nous avons une expérience qualitative et pourquoi celle-ci est ainsi plutôt qu'autrement.

Le problème du fossé explicatif a suscité des réactions multiples et fort variées. Parmi, les attitudes extrêmes, on citera l'éliminativisme, prôné par D. Dennett, et qui consiste à nier tout simplement l'existence de la conscience phénoménale telle qu'elle a été décrite ici. Ceci revient du même coup à nier l'existence d'un fossé explicatif, puisqu'il n'y a rien à expliquer. On situera à un autre extrême la position de David Chalmers, de l'Université de l'Arizona, qui considère que le fossé existe et est infranchissable et qu'il faut donc admettre une forme de dualisme : la conscience phénoménale n'est pas de l'ordre des phénomènes physiques. Enfin, nombre de réactions modérées admettent que le problème est réel et que, pour l'instant, nous n'avons pas les moyens de le résoudre, mais laissent ouverte la possibilité que soient développés dans le futur de nouveaux concepts physiques qui dissiperaient le mystère.

Comment combler le fossé explicatif?

Même si le fossé explicatif apparaît encore infranchissable, il serait faux de penser que la science ne puisse aujourd'hui rien nous apprendre d'intéressant sur la conscience phénoménale. Tout d'abord, la mise en évidence de corrélations (nous supposons par exemple que la conscience phénoménale agit quand est présente l'activation synchronisée de neurones autour de 40 hertz sus-mentionnée) entre conscience phénoménale et processus biologiques n'est pas en soi un résultat négligeable, même si ces corrélations n'ont pas encore pour nous de force explicative.

Deuxièmement, sous l'étiquette générale de conscience phénoménale, sont réunies des expériences conscientes très différentes : auditives, visuelles, tactiles, etc. Selon l'hypothèse de F. Crick et C. Koch, l'onde à 40 hertz serait le corrélat cérébral de la conscience visuelle, mais qu'en est-il de la conscience auditive, olfactive ou émotionnelle? Découvrir que la conscience phénoménale sous toutes ses formes est invariablement corrélée à une forme spécifique d'activation neuronale constituerait une avancée... phénoménale! On saurait alors au moins où, sur la rive physique, devrait

reuser et qui cause à son tour des comportements de fuite ou d'évitement. On a aujourd'hui en grande partie identifié les circuits cérébraux qui sous-tendent les réactions de peur.

s'ancrer le pont permettant de franchir le fossé explicatif à défaut de savoir comment construire ce pont. Enfin, nous avons jusqu'ici considéré deux questions que pose la conscience phénoménale, pourquoi avons-nous des expériences subjectives qualitatives plutôt que rien et pourquoi ces expériences plutôt que d'autres?

Aujourd'hui, nous ne savons pas répondre à ces questions, mais il en est une troisième qui paraît plus facile à approcher, celle de la structure de l'expérience perceptive. L'expérience des couleurs en constitue une illustration. On peut certes se demander pourquoi en voyant du rouge, j'ai une expérience subjective et pourquoi cette expérience plutôt qu'une autre, mais on peut aussi se demander pourquoi l'expérience du rouge me paraît plus proche de celle du jaune que de celle du vert, pourquoi je peux avoir l'expérience d'un vert bleuté ou d'un jaune orangé, mais non d'un rouge verdâtre ou d'un bleu jaunâtre.

Ces dernières questions témoignent du fait que l'expérience des couleurs a une structure relationnelle. Ici, les corrélations entre expériences subjectives et processus neurophysiologiques sous-jacents prennent une valeur explicative lorsque l'on peut montrer qu'aux relations structurelles entre qualités subjectives correspondent des relations structurelles entre processus neurophysiologiques. Dans le cas des couleurs, on a su expliquer la structure des similitudes en identifiant les mécanismes neurobiologiques qui en sont responsables et en montrant comment leur fonctionnement rend compte de cette structure. Par exemple, on a montré que les axes qui définissent l'espace subjectif des couleurs sont associés à des processus antagonistes, ce qui permet d'expliquer les incompatibilités entre rouge et vert ou bleu et jaune (voir la figure 2). L'expérience des couleurs n'est qu'un exemple : bien d'autres formes d'expérience subjective possèdent des traits structuraux. À défaut d'attendre aujourd'hui des biologistes qu'ils nous expliquent pourquoi l'expérience subjective existe et pourquoi elle existe sous la forme que nous connaissons, nous pouvons donc – au moins – espérer qu'ils nous expliquent les interrelations des expériences subjectives similaires.

Élisabeth PACHERIE est chargée de recherche au CNRS, Institut Jean-Nicod, Paris.

E. PACHERIE, *Naturaliser l'intentionnalité*, PUF, 1993.

D. DENNETT, *La conscience expliquée*, Éd. Odile Jacob, 1994.

F. CRICK, *L'hypothèse stupéfiante : à la recherche scientifique de l'âme*, Plon, 1995.

D. CHALMERS, *The conscious mind*, Oxford Univ. Press, 1996.

Science et conscience

JEAN DELACOUR

La conscience n'est pas inaccessible à la science : ses bases cérébrales, ses mécanismes cellulaires et moléculaires sont en partie élucidés. Loin de «réduire» la conscience, l'approche neurobiologique en confirme la complexité.

Tout d'abord, qu'est-ce que la conscience ? Il est impossible de donner une réponse simple, complète, définitive à cette question. Rien d'étonnant à cela : il en est de même pour d'autres notions, tels la Vie, la Pensée ou l'Homme. Nous nous contenterons ici de la proposition suivante : un phénomène psychologique est conscient lorsque le sujet peut l'exprimer par le langage. Plus que d'une définition, il s'agit d'une délimitation provisoire commode, car fondée sur un critère objectif et d'utilisation facile. Le lien entre langage et conscience, bien qu'étroit, n'est pas absolu, mais ce point de départ permet une description systématique des phénomènes considérés comme conscients par la plupart des spécialistes. Pour simplifier, nous utiliserons le terme conscience comme s'il s'agissait d'une réalité univoque et homogène, mais nous verrons qu'il n'en est rien.

Côté subjectif, la donnée première de la conscience est probablement le sentiment d'être présent ici et maintenant. Mais au sein de cette présence, il est utile de distinguer, d'une part, les états conscients et, d'autre part, les pensées et les perceptions conscientes particulières qui se succèdent au sein de ces états. Les états conscients ont un caractère cyclique et peuvent durer des heures. Il en existe deux formes, celle de la veille et celle du rêve, qui survient, le plus souvent, lors du «sommeil paradoxal» (cette forme de sommeil se caractérise par une activité cérébrale élevée, parfois supérieure à celle de l'état de veille, par une paralysie et par une augmentation des seuils sensoriels). Les pensées, les perceptions, les affects qui surviennent au cours d'un état conscient ont une durée qui se mesure en secondes et non en heures ; se suivant rapidement, et souvent hétérogènes, ils n'ont pas de caractère cyclique. Ce sont, par exemple, l'évocation d'un souvenir (le premier jour d'école) ou la détection d'une caractéristique nouvelle de l'environnement (il s'est mis à pleuvoir). Bien entendu, il existe des relations entre un état conscient et les pensées, les perceptions conscientes particulières qui s'y succèdent. Le premier est la condition nécessaire des seconds et, réciproquement, ceux-ci peuvent influencer celui-là : telle pensée excitante prolonge l'état conscient, le colore de telle ou telle nuance affective, par exemple.

Les états conscients sont relativement aisés à étudier grâce à leur longue durée, à leur caractère reproductible et à des propriétés objectives faciles à détecter chez l'homme comme chez l'animal ; par conséquent, la connaissance de leurs mécanismes neurobiologiques est très avancée. Il n'en est pas de même des pensées. La difficulté de leur étude, d'ailleurs, ne

tient pas seulement à leur brièveté et à leur caractère peu reproductible ; elle tient aussi au fait qu'au sein du même état conscient, processus conscients et inconscients non seulement coexistent, mais interagissent. Comment détecter les mécanismes spécifiques d'une pensée consciente particulière, sans les confondre avec ceux de processus inconscients simultanés ? Ainsi, l'usage conscient du langage met en jeu l'utilisation inconsciente de routines linguistiques qui, de façon automatique, déterminent la syntaxe et fournissent le vocabulaire du discours. Cette difficulté – séparer les processus conscients et non conscients –, encore mal surmontée, constitue la limite actuelle de la neurobiologie de la conscience.

Intentionnalité et coloration affective de la conscience

Les descriptions classiques distinguent deux aspects dans les processus conscients : l'intentionnalité et les qualia. L'intentionnalité désigne le fait que certains processus mentaux se réfèrent à une autre réalité qu'eux-mêmes, se rapportent à un objet, réel ou imaginaire, distinct de ces processus. Par exemple, l'aspect «intentionnalité» d'un souvenir sera sa référence à un épisode de l'enfance, au visage d'une personne chère ; celui d'une pensée abstraite, sa référence à une propriété des espaces vectoriels. L'intentionnalité est la composante extrinsèque, cognitive d'un processus mental conscient.

Les qualia sont les caractéristiques intrinsèques des processus conscients, la qualité de leur vécu, faite d'impressions, d'affects souvent difficiles à exprimer : les qualia sont les colorations affectives. L'aspect qualia peut être dissocié de l'aspect intentionnalité. Ainsi l'évocation du même souvenir, la même pensée abstraite ou la perception du même objet peuvent s'accompagner d'affects différents, tels des sentiments de joie ou d'ennui, une sensation de bien-être ou de malaise. De même, les impressions agréables ou désagréables qui accompagnent, chez certains individus, dans certaines circonstances, la perception de telle ou telle couleur ou odeur sont des exemples de qualia.

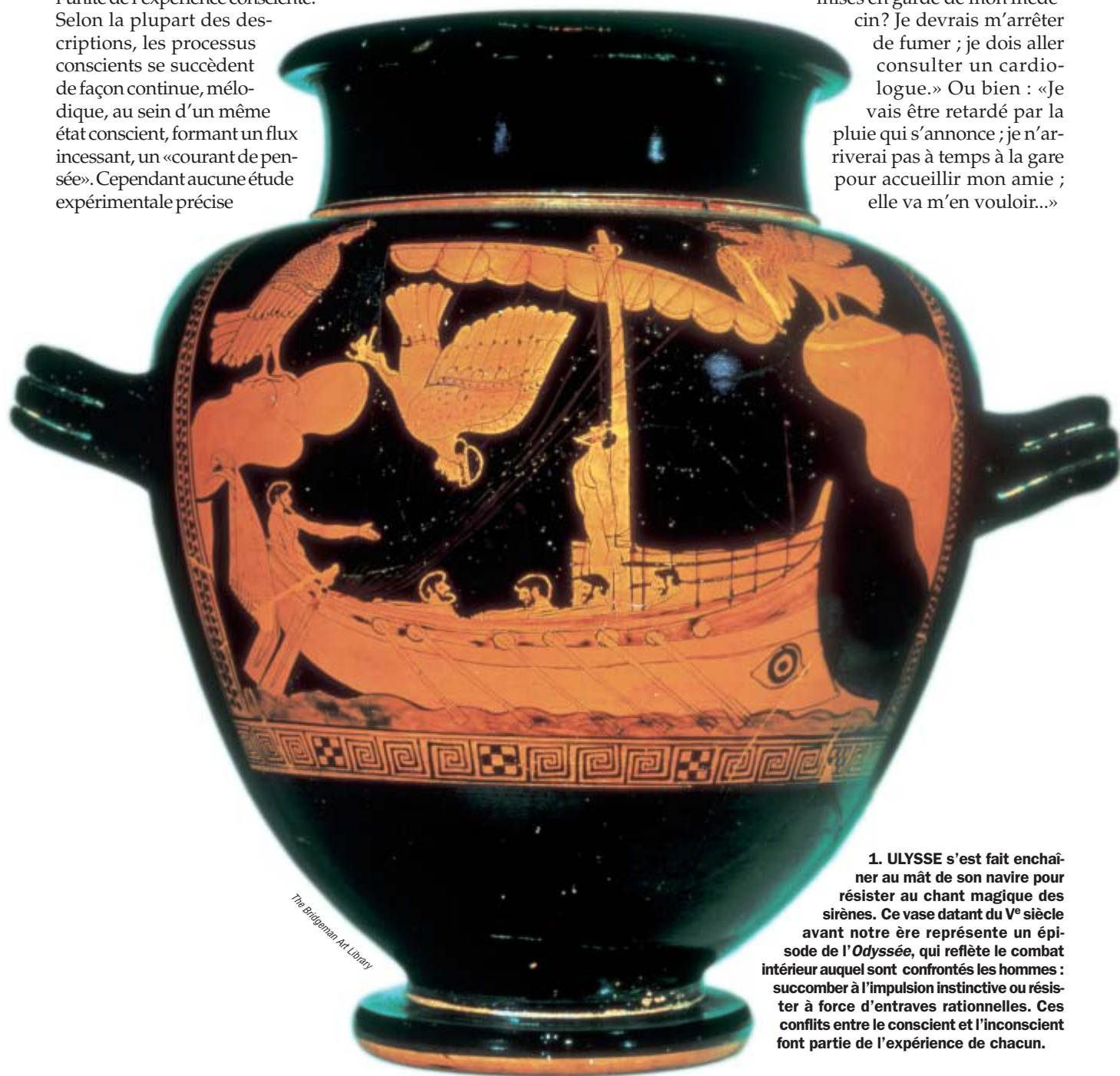
Au cours des dernières années, la distinction entre intentionnalité et qualia a pris une importance particulière. Pour certains, elle est même devenue une opposition autour de laquelle se cristallise le débat actuel sur la possibilité d'une étude scientifique de la conscience. En effet, les aspects intentionnels – cognitifs – de celle-ci sont, grâce à leur caractère extrinsèque, c'est-à-dire à leur référence à des objets réels

ou abstraits, descriptibles à la «troisième personne» chez l'homme et reproductibles par des systèmes artificiels ou chez l'animal ; ils peuvent ainsi être étudiés par la psychologie expérimentale, l'intelligence artificielle et les neurosciences. En revanche, les qualia, qui sont des propriétés intrinsèques d'expériences purement privées et qui sont difficilement communicables à cause de leur caractère qualitatif et fugace, échapperaient à toute approche scientifique, seraient irréductibles à toute réalité objective et, essence de la conscience, seraient inaccessibles à la science. Cependant, contrairement à cette conception, les progrès des recherches montrent que les qualia peuvent être et sont objets de science, ne serait-ce que par le fait qu'ils sont étroitement associés à l'aspect «intentionnalité» des représentations conscientes.

D'autres caractéristiques du conscient ont été ou sont encore objets de controverses, telles la continuité et l'unité de l'expérience consciente. Selon la plupart des descriptions, les processus conscients se succèdent de façon continue, mélodique, au sein d'un même état conscient, formant un flux incessant, un «courant de pensée». Cependant aucune étude expérimentale précise

n'a démontré cette continuité. La réalité d'un enchaînement mélodique des processus conscients est rendue problématique par la fréquente hétérogénéité des pensées, des images, des affects qui se succèdent au cours d'un même état conscient. Ils diffèrent non seulement par leur objet, mais aussi par leur coloration affective, leur qualia. Leur cours peut être infléchi de façon abrupte par des événements inattendus : la détection de la nouveauté est l'une des causes les plus fréquentes de l'induction d'une représentation consciente. Ainsi, parfois survient un événement inattendu alors que nous sommes occupés à une tâche de routine : je ressens une douleur subite dans la poitrine ou le ciel s'assombrit subitement alors que je conduis calmement sur une route de campagne. Cet événement inattendu déclenche une succession de représentations conscientes qui visent à «tirer au clair» cette situation nouvelle : «Cette douleur confirme-t-elle les

mises en garde de mon médecin ? Je devrais m'arrêter de fumer ; je dois aller consulter un cardiologue.» Ou bien : «Je vais être retardé par la pluie qui s'annonce ; je n'arriverai pas à temps à la gare pour accueillir mon amie ; elle va m'en vouloir...»



The Bridgeman Art Library

1. ULYSSE s'est fait enchaîner au mât de son navire pour résister au chant magique des sirènes. Ce vase datant du V^e siècle avant notre ère représente un épisode de l'*Odyssée*, qui reflète le combat intérieur auquel sont confrontés les hommes : succomber à l'impulsion instinctive ou résister à force d'entraves rationnelles. Ces conflits entre le conscient et l'inconscient font partie de l'expérience de chacun.

De façon générale, la conscience, loin d'être une réalité par tout ou rien, est graduée en intensité, plus ou moins focalisée, spontanée ou réflexive (dans ce cas, le moi s'autoreprésente comme sujet de ses pensées). Cependant, même si la conscience n'est pas un flux parfaitement intégré aux échelles de temps les plus fines, des projets et des formes de mémoire lui assurent une continuité globale pendant des durées de quelques minutes, voire de quelques heures, en particulier la «mémoire de travail» qui sous-tend l'activité cognitive en cours permet son déroulement selon un plan, coordonne les différentes composantes de la tâche.

Le problème de la continuité de la conscience est en fait celui de son unité dans le temps ; qu'en est-il de son unité instantanée, «synchronique»? Comme dans le cas de la continuité, la donnée phénoménologique, qui attribue, au moins de façon implicite, tout processus conscient à un moi unifié se référant à un objet unique, est controversée. Certaines expériences de psychologie expérimentale, le caractère massivement parallèle de l'organisation cérébrale et certaines pathologies mettent fortement en question cette unité. Cependant, là encore, tout dépend du niveau d'organisation et de fonctionnement que l'on considère : à certaines échelles spatiotemporelles, peut-être celles où se situent les enjeux les plus importants de l'adaptation de l'orga-

nisme, il y a unité de la conscience, non seulement instantanée et sur de courtes durées, mais aussi, au-delà d'un état conscient particulier, dans la longue durée, comme le montrent la mémoire autobiographique, ainsi que la conception et la réalisation de plans à long terme.

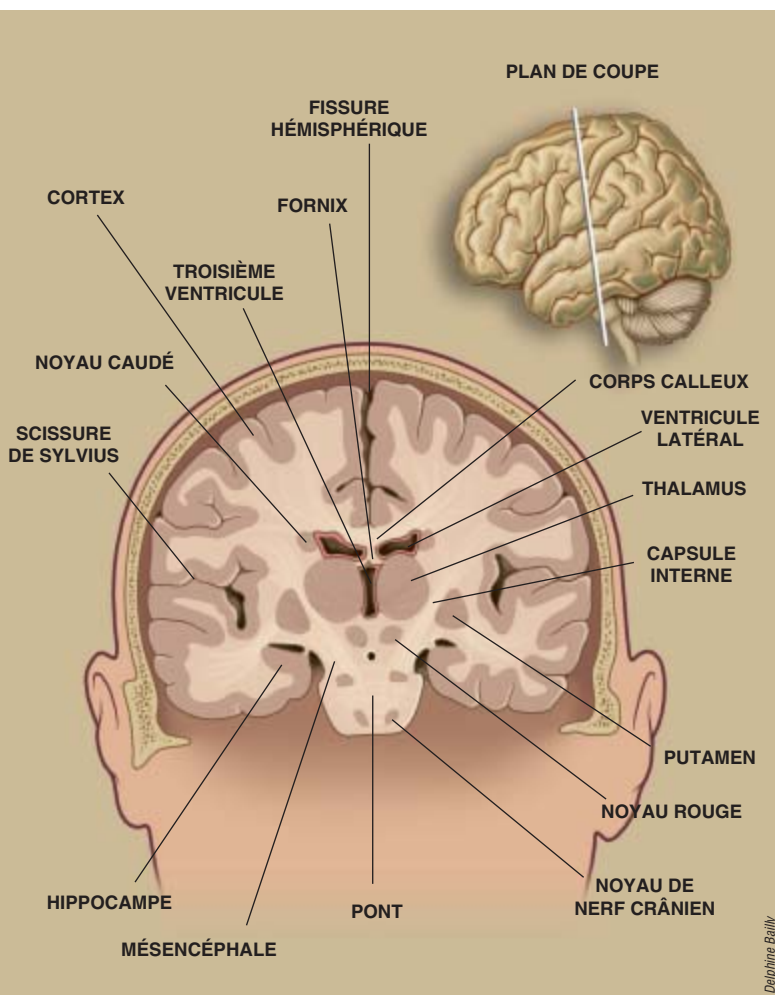
Quels sont les aspects objectifs de la conscience? Ce sont les signes objectifs de l'état de veille et de sommeil paradoxal, et certains traits de comportement. Par ordre croissant (approximatif) de spécificité, les principaux traits des comportements typiques de l'état conscient de veille sont : le caractère cohérent, intégré, contrôlé ; la capacité de détecter la nouveauté et de s'y adapter ; la poursuite d'un objectif constant dans des conditions variables ; l'usage d'un langage, sa production et sa compréhension ; la capacité d'évoquer un souvenir avec référence explicite au passé (la mémoire déclarative) ; enfin, la capacité de métacognition, c'est-à-dire la capacité d'évaluer de façon critique sa propre activité cognitive.

Aucun de ces critères n'est, à lui seul, suffisant, et leur ensemble n'est pas parfaitement cohérent. Cependant les comportements mettant en jeu simultanément l'usage d'un langage et la mémoire déclarative, ou la mémoire déclarative et la capacité de métacognition sont quasi-unaniment considérés comme typiques de l'état conscient de veille. En raison de l'élévation des seuils sensoriels et de la paralysie qui caractérisent l'état de sommeil paradoxal, peu de comportements différenciés surviennent dans cet état. Le plus caractéristique est constitué par des bouffées de mouvements oculaires, peut-être concomitants des images visuelles naissant durant le rêve, voire cause de ces images. Notons cependant que mémoire déclarative et métacognition sont possibles au cours du rêve.

La conscience a-t-elle une fonction?

Nombreuses sont les hypothèses, depuis celles qui attribuent à la conscience les capacités de cognition et de contrôle du comportement les plus élevées jusqu'à celles selon lesquelles la conscience n'est qu'une illusion. Ces conceptions extrêmes ne semblent guère fondées : à l'encontre des premières, il faut noter que des tâches cognitives et sensori-motrices difficiles sont accomplies souvent de façon inconsciente (quand on conduit une voiture, quand la route est dégagée et qu'aucun événement imprévu ne survient, on conduit de façon quasi automatique). De plus, une représentation consciente de ces tâches diminue la vitesse et la précision de leur exécution : un pianiste fait des fausses notes et perd sa virtuosité dès qu'il «réfléchit» aux notes qu'il doit jouer ; enfin des systèmes artificiels ne satisfaisant pas les critères de conscience, ont des performances cognitives et des capacités de contrôle très supérieures à celles de l'homme conscient. On peut opposer aux secondes le fait que la conscience est un état récurrent relativement durable et qui consomme beaucoup d'énergie ; de plus, elle est associée à des comportements importants pour l'individu et pour la société ; est-il concevable qu'elle n'ait aucune valeur adaptative?

Pourtant, si la conscience a une valeur fonctionnelle, si elle augmente les possibilités de survie et de reproduction des organismes, pourquoi n'est-elle pas présente chez toutes les espèces? Plusieurs faits suggèrent qu'il en existe des formes chez diverses espèces animales. Pourquoi chez ces espèces et chez l'homme, la conscience n'est-elle pas



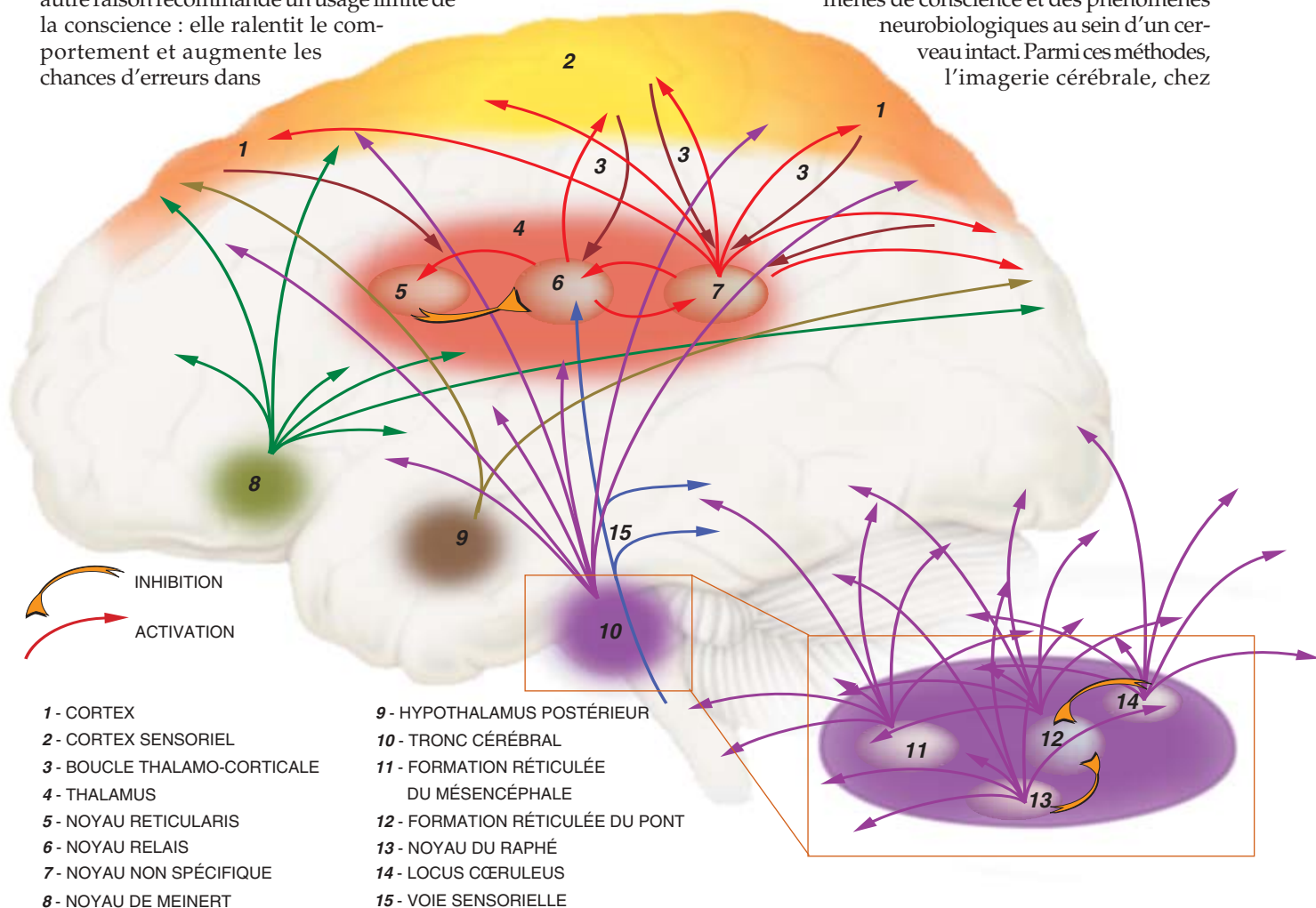
2. ORGANISATION ANATOMIQUE du cerveau humain (*vue latérale de l'hémisphère gauche, en haut*). Dans la profondeur du cerveau (*en bas*), se situent des «noyaux» de matière grise, tel le thalamus, et des faisceaux de fibres, par exemple celles du corps calleux, qui connectent les deux hémisphères.

un état permanent? Probablement pour des raisons de coût énergétique. L'état de veille et de sommeil paradoxal, conditions nécessaires de la conscience, coûtent cher en termes de métabolisme cérébral. De plus, l'organisme dans son ensemble a besoin de phases de récupération qui correspondent chez le mammifère à l'état de sommeil à ondes lentes, peu favorable à la formation de représentations conscientes.

Le fait que, même à l'état de veille, une grande partie du fonctionnement de l'organisme soit inconsciente peut s'expliquer là encore par le coût énergétique de la conscience. Il est sans doute avantageux du point de vue biologique que celle-ci n'intervienne que lorsque les automatismes sont pris en défaut. C'est le cas des situations imprévues, nouvelles, une des causes les plus fréquentes de la formation de représentations conscientes. Du point de vue biologique, une autre raison recommande un usage limité de la conscience : elle ralentit le comportement et augmente les chances d'erreurs dans

l'exécution d'une tâche bien maîtrisée. Ce fait refléterait la mise en jeu de processus sériels lents et de faible capacité de traitement comme la mémoire de travail. Au contraire, le fonctionnement inconscient du cerveau serait essentiellement de type parallèle, beaucoup plus rapide et ayant une capacité de traitement beaucoup plus grande.

Si la conscience n'est pas pure illusion, elle doit avoir des mécanismes identifiables. Effectivement, non seulement la neurobiologie de la conscience existe, mais elle est déjà très avancée sur certains points. Avant d'essayer de le montrer, précisons que, contrairement à certaines spéculations, la neurobiologie de la conscience ne met pas en jeu une physique spéciale ; elle est une branche de la neurobiologie classique. Sa seule particularité est de s'appuyer principalement, mais non exclusivement, sur des méthodes mettant en relation de façon aussi directe que possible des phénomènes de conscience et des phénomènes neurobiologiques au sein d'un cerveau intact. Parmi ces méthodes, l'imagerie cérébrale, chez



3. DIVERS SYSTÈMES CÉRÉBRAUX sont mis en jeu par l'état conscient. On a schématisé (très grossièrement) quelques-unes des connexions. Pour simplifier, on a regroupé plusieurs structures du tronc cérébral, malgré leurs différences au plan anatomique, physiologique et neurochimique. Les voies sensorielles ont des cibles spécifiques : les noyaux relais du thalamus sont reliés de façon biunivoque à des aires corticales spécialisées (le cortex sensoriel). Les boucles qui relient le thalamus au cortex et le cortex au thalamus jouent un rôle important dans le traitement de l'information et dans la genèse de l'état conscient. L'état conscient met en jeu deux «étages», l'étage thalamo-cortical et l'étage sous-thalamique. À l'étage thalamo-cortical, l'état de veille et celui de sommeil paradoxal (où surviennent les rêves) dépendent des mêmes facteurs, en particulier de la boucle qui relie le noyau réticulaire et les noyaux relais. Cette boucle inhibe les noyaux relais et

tend à imposer une activité rythmique en bouffées dans le thalamus et dans le cortex, caractéristique du sommeil «à ondes lentes». Au contraire, dans l'état conscient de veille ou dans l'état de sommeil paradoxal, les neurones thalamo-corticaux sont fortement activés. À l'«étage sous-thalamique», l'état conscient de veille et l'état conscient de sommeil paradoxal ont des mécanismes différents : le sommeil paradoxal est marqué par une hyperactivité de la formation réticulée du pont. Cette dernière est inhibée durant l'état de veille par le raphé et par le locus cœruléus, mais l'inhibition est levée durant les phases de sommeil paradoxal, car ces noyaux sont alors inactifs. On a fait un agrandissement des noyaux du tronc cérébral pour montrer le caractère extrêmement divergent de leurs projections. C'est grâce à cette propriété que ces structures exercent un contrôle très étendu sur le cortex et sur d'autres régions cérébrales.

l'homme, et l'enregistrement sélectif de neurones par microélectrodes, chez le singe éveillé et partiellement libre de ses mouvements, ont été particulièrement féconds.

Neurobiologie de l'état conscient

Les mécanismes de l'état conscient sont déjà en grande partie connus grâce aux progrès considérables de la neurophysiologie des cycles de veille et de sommeil accomplis au cours des dernières décennies, notamment grâce aux travaux de Michel Jouvet, à Lyon, et de Mircea Steriade, de l'Université de Laval, au Canada. En bref, l'état conscient met en jeu un ensemble de processus cérébraux, dont les bases neuroanatomiques sont en grande partie identifiées (voir la figure 3), de même que les mécanismes cellulaires et moléculaires, en particulier les principaux types de neuromédiateurs mis en jeu. Cet ensemble de processus est commun à l'état de veille et à l'état de sommeil paradoxal ; il se caractérise globalement par un niveau élevé du métabolisme cérébral et par un électroencéphalogramme « désynchronisé », c'est-à-dire de faible amplitude et de fréquence élevée ; au niveau cellulaire, par des décharges isolées de potentiels d'action (par opposition aux décharges en bouffées du sommeil lent, voir la figure 4) ; enfin, par la prédominance de phénomènes d'excitation dans les neurones du thalamus qui se projettent sur le cortex. Réciproquement, la fin de l'état conscient résulte de la prédominance de phénomènes d'inhibition dans ces mêmes neurones. Ces transitions excitation-inhibition au niveau thalamo-cortical dépendent de nombreuses influences, en particulier de neurones situés dans le tronc cérébral et dans l'hypothalamus, et à la base des hémisphères cérébraux.

Si ces processus sont communs à la conscience de veille et de sommeil paradoxal, ces deux types de conscience se distinguent par d'autres processus. Ainsi, à l'état de

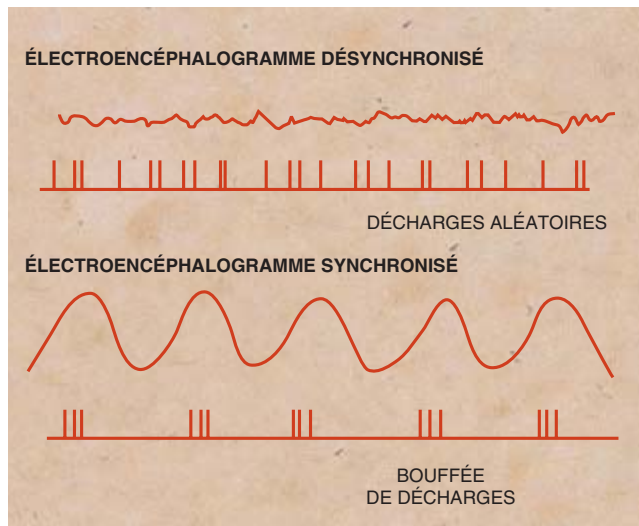
veille, certains neurones noradrénergiques (libérant de la noradrénaline, un neuromédiateur) et sérotoninergiques (libérant de la sérotonine, un autre neuromédiateur) du tronc cérébral sont très activés, alors qu'ils sont silencieux pendant le sommeil paradoxal ; au cours du sommeil paradoxal, ce sont les neurones cholinergiques (libérant l'acétylcholine) de la formation réticulée du pont qui ont une activité particulièrement élevée.

Ces données de la neurophysiologie classique sont en gros confirmées par celles, encore peu abondantes, de l'imagerie cérébrale. De plus, cette dernière a montré que le système limbique (le « cerveau émotionnel ») et les régions frontales sont impliqués dans l'état conscient, mais de façon différente pendant la veille et pendant le sommeil paradoxal : cela confirme que la conscience de veille et le rêve ont des mécanismes en partie différents.

Deux composantes importantes de l'activité cognitive lors de l'état conscient ont fait l'objet de très nombreuses études tant chez l'homme que chez le singe : les différentes formes d'attention et la mémoire de travail. Nous ne tenterons pas de résumer tous les résultats obtenus dans ce domaine, mais nous retiendrons que tous confirment l'implication des régions frontales dans l'attention et dans la mémoire de travail (voir la figure 5). De façon générale, ces régions sont impliquées dans tous les aspects de l'activité consciente mais, bien entendu, en interaction avec d'autres régions et selon des modalités variées. De plus, le cortex frontal n'est pas un ensemble homogène, tant au plan neuroanatomique que physiologique.

Les études sur l'attention et sur la mémoire de travail sont des approches des mécanismes de l'unité diachronique (sur les courtes durées) de la conscience ; qu'en est-il de l'unité synchronique, instantanée ? En ce qui concerne l'unité du champ de la conscience dans son ensemble et du moi qui s'attribue cet état, les principales données proviennent des observations sur des patients à « cerveau divisé » (dits *split brain*). Chez eux, les principales connexions entre les deux hémisphères (formant ce que l'on nomme le corps calleux) ont été sectionnées au cours d'une intervention chirurgicale (pour lutter contre les crises d'épilepsie, notamment). Il est alors possible, dans certaines conditions, de susciter des représentations conscientes différentes dans chaque hémisphère, ce qui suggère que le corps calleux joue un rôle dans l'unité globale du champ de la conscience. À un niveau plus fin, se pose la question de l'unité de l'objet des représentations conscientes. Cette unité met probablement en jeu les mécanismes généraux de l'attention mais, dans le cas de la perception visuelle, par exemple, des mécanismes plus spécifiques ont été mis en évidence. Nous allons les examiner.

Si la neurobiologie de l'état conscient est déjà avancée, il n'en est pas de même de celle des représentations conscientes qui se succèdent au cours de l'état conscient. Il est évident que l'ensemble des processus cérébraux qui sous-tendent l'état de conscience (métabolisme cérébral élevé, électroencéphalogramme désynchronisé, excitation des neurones du thalamus) ne représente que la condition nécessaire de ces représentations ; ces dernières doivent mettre en jeu des mécanismes supplémentaires qui les distinguent des processus inconscients simultanés. Quelles sont les principales approches visant à apporter une solution à ce problème ? Examinons-les en sachant qu'aucune n'est totalement satisfaisante.



4. L'ÉTAT CONSCIENT est caractérisé par deux signes électrophysiologiques : l'électroencéphalogramme « désynchronisé », c'est-à-dire de faible amplitude et de fréquence élevée, et un mode de décharge par potentiels d'action isolés. Dans ce mode, les intervalles entre deux potentiels d'action consécutifs sont indépendants : cela signifie que l'on ne peut prédire la durée d'un intervalle à partir de celle des intervalles précédents. Cette forme d'activité neuronale est considérée comme la plus favorable à la transmission d'une information. Au contraire, dans l'état de sommeil « lent », l'électroencéphalogramme est « synchronisé », c'est-à-dire de grande amplitude et de fréquence basse, et l'activité neuronale se manifeste par des bouffées rythmiques.

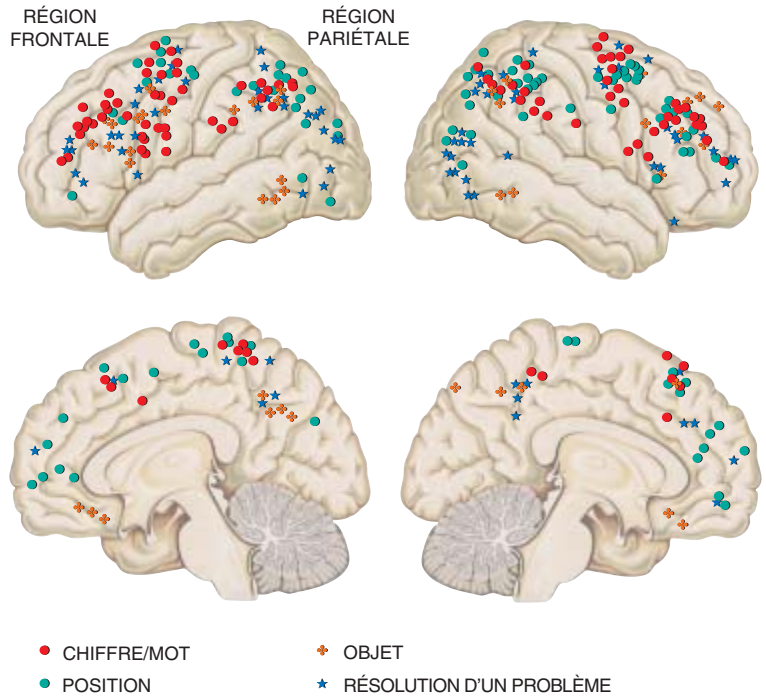
Les limites de la neurobiologie de la conscience

L'approche la plus ancienne, toujours féconde, est fondée sur le phénomène de *blindsight*, ou vision aveugle, découvert par Larry Weiskrantz, à l'Université d'Oxford. Une lésion des aires visuelles primaires provoque une perte de vision dans une région du champ visuel. Dans cette région, apparemment, la cécité est totale selon les déclarations du patient et les tests standards. Cependant certaines méthodes révèlent dans le comportement du patient, en contradiction avec ses déclarations, des capacités de détection et de discrimination des stimulus visuels projetés dans la région aveugle, parfois proches de la normale. Ce phénomène peut être considéré comme une dissociation des processus visuels conscients et inconscients qui coexistent et interagissent normalement dans le même état conscient. On tiendrait alors un fil conducteur pour la recherche des bases spécifiques des processus conscients dans le cas de la vision : les structures lésées dans ce syndrome, essentiellement le cortex visuel primaire, seraient spécialement mises en jeu par la vision consciente. Cependant l'analyse d'autres syndromes, des formes d'agnosies (c'est-à-dire des troubles de la reconnaissance consciente des objets provoqués par des lésions cérébrales), suggère que les bases respectives de la vision consciente et inconsciente pourraient être le système visuel dorsal et le système visuel ventral (voir *Perception visuelle et conscience*, par Michel Imbert, page 90).

Quoi qu'il en soit, cette approche neurologique (c'est-à-dire fondée sur les pathologies associées à des lésions) ne peut que reconstituer *a posteriori* les bases neuroanatomiques des processus conscients ; pour mettre en évidence leur dynamique, leurs caractéristiques physiologiques, il faut utiliser des techniques détectant ces processus « en ligne » : l'imagerie cérébrale rapide, c'est-à-dire l'IRM fonctionnelle et la magnétoencéphalographie (voir *L'exploration du cortex par son activité électromagnétique*, par Bernard Renault et Aline Garnero, page 34, et *La neuro-imagerie : IRM et TEP*, par Bernard Mazoyer, page 42) et l'électrophysiologie, chez l'homme et chez le singe. La plupart des expériences fondées sur ces techniques étudient les supports – les corrélats – neurobiologiques de la perception visuelle. Celle-ci, en tant que représentation consciente, a un aspect intentionnalité et un aspect qualia ; de plus, elle se prête particulièrement bien à l'expérimentation chez l'animal et chez l'homme.

Les corrélats de la conscience

Rappelons que la perception consciente ne se réfère pas à des stimulus, des données sensorielles fragmentaires, mais à des objets, des réalités unifiées et invariantes malgré leur caractère multidimensionnel. Ainsi le principal problème que doit résoudre son étude neurobiologique est celui du *binding* : comment le cerveau établit-il un lien entre les différents traits d'un objet, par exemple sa couleur, sa forme, sa texture, sa taille relative, pour que, dans la perception consciente, cet objet se donne comme une réalité invariante, et qu'il soit identifié à des distances, dans des états de mouvement, dans des localisations, sous des éclairages et selon des profils variés ? Le problème est d'autant plus difficile que ces différents traits et contextes mettent en jeu des populations de neurones en grande partie différentes.



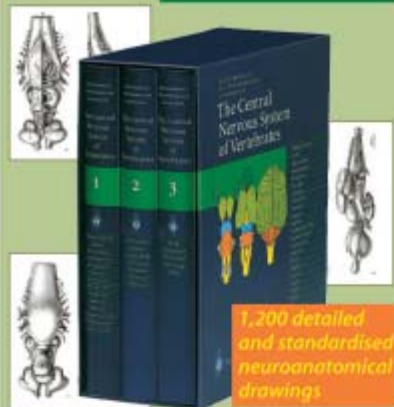
5. RÉGIONS CORTICALES les plus activées lors d'épreuves de mémoire de travail, obtenues d'après les données de l'imagerie cérébrale (vues dorsolatérales de chaque hémisphère, en haut, et vues de leur face interhémisphérique, en bas). Les symboles diffèrent selon la mémoire de travail mise en jeu par le test. La localisation de chaque symbole sur le cerveau représente le résultat d'une expérience. Il apparaît que les régions les plus activées varient avec la forme de la mémoire de travail, mais, quelle que soit cette forme, les régions frontales sont mises en jeu. Les régions pariétales sont particulièrement activées par la forme spatiale (mais pas exclusivement).

Deux solutions, compatibles et probablement complémentaires, émergent de travaux effectués chez l'animal. Selon la première, le *binding* à la base de la perception de l'objet a pour mécanisme l'établissement de relations temporelles, de type synchronisation, entre les activités des neurones qui codent les différents traits de l'objet (voir *Synchronisation neuronale et représentations mentales*, par Wolf Singer, page 74). La seconde solution met en jeu une organisation hiérarchique du système nerveux : les différents neurones détectant les différents traits d'un objet se projettent sur un même neurone dont l'activité coderait l'objet dans sa totalité. Le débat autour de ces deux solutions reste ouvert. Quoi qu'il en soit, dans les étages les plus élevés de la voie visuelle ventrale, de nombreux neurones réagissent préférentiellement non pas à des stimulus visuels élémentaires (comme le font les neurones des étages antérieurs de la voie visuelle), mais à des objets complexes, multidimensionnels, en particulier des objets naturels : un visage, un fruit, une main. De plus, ces neurones obéissent à des constances perceptives, c'est-à-dire continuent de répondre préférentiellement à un objet même si celui-ci est présenté dans des conditions variées.

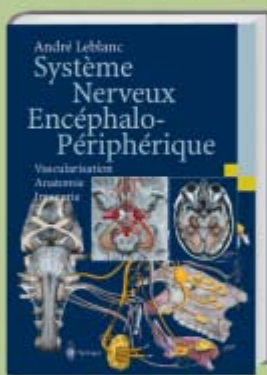
Les données de l'imagerie cérébrale chez l'homme sont moins précises, mais Kalanit Grill-Spector et ses collègues de l'Institut Weismann, en Israël, et Nancy Kanwisher et ses collègues de l'Université d'Harvard, ont montré qu'une région du cortex occipito-temporal est spécialement activée lorsque le sujet perçoit un objet identifiable, mais qu'elle n'est pas activée lorsque le sujet n'est exposé qu'à un ensemble incohérent, non identifiable, de stimulus, par

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

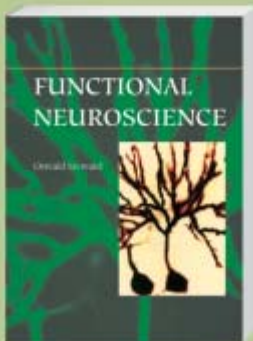
Neurosciences



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.

