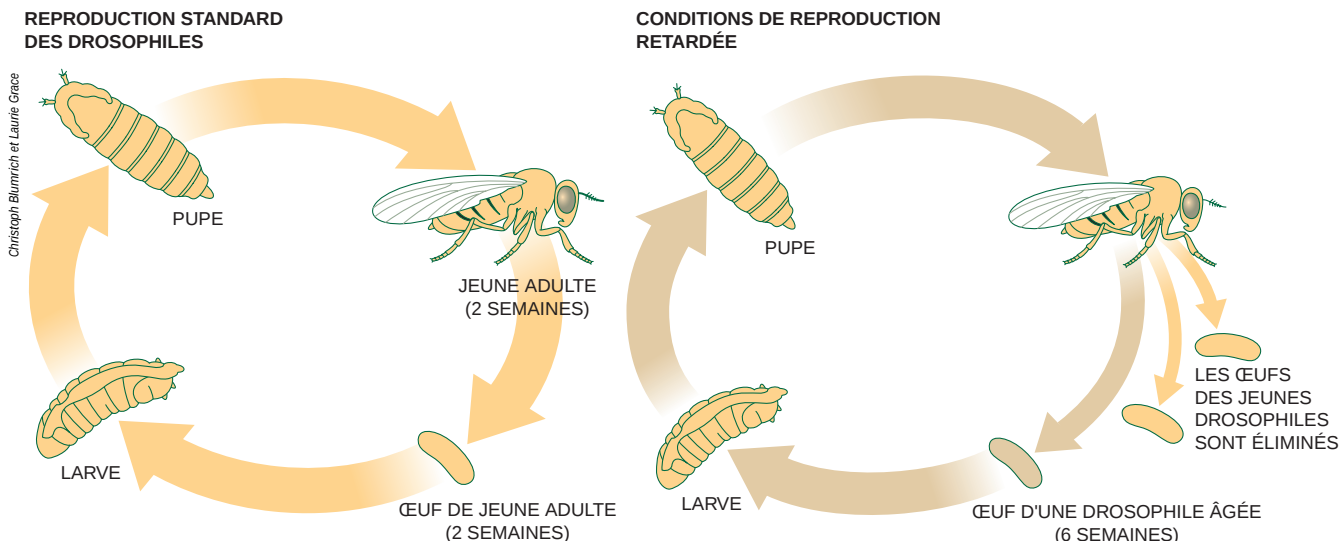
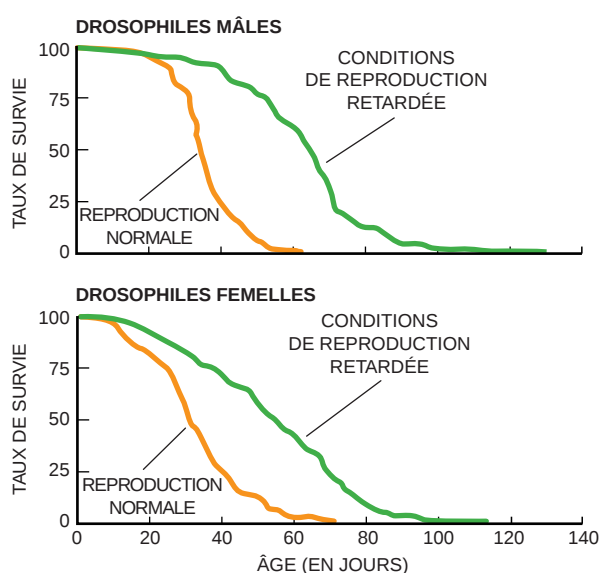




4. DES EXPÉRIENCES SUR LA DROSOPHILE confirment que le vieillissement est dû à l'affaiblissement de la pression de la sélection naturelle, à l'âge adulte. Le groupe témoin (à gauche) s'est reproduit dès la maturité sexuelle, de sorte que la période de sélection naturelle intense a été courte. Simultanément, la reproduction a été retardée au sein d'un autre groupe (à droite), ce qui a prolongé la période de la sélection naturelle. Après plusieurs générations, cette manipulation a retardé le vieillissement chez les individus du second groupe et prolongé leur durée de la vie (voir les graphes).



d'allèles différent de celui des drosophiles ordinaires. Ces allèles n'ont pas été sélectionnés à l'avance, ni transmis aux mouches qui vivent longtemps ; mais, en réaction à une reproduction tardive, des organismes dont la longévité est supérieure à la normale ont été sélectionnés.

L'identification des allèles propres aux animaux qui vivent très longtemps sera la base de nouvelles expériences : on cherchera des traitements qui imiteront ou renforceront les effets des allèles avantageux, et inhiberont les effets des allèles délétères. De tels traitements seront bien sûr testés sur l'animal avant de l'être sur l'homme.

Technique et rythme des progrès

Les études de la sénescence, même avec des animaux, seront difficiles. On devra d'abord identifier les centaines, voire les milliers d'allèles les plus fréquents chez les individus qui vivent longtemps, puis on devra chercher les fonctions biologiques des protéines codées par ces allèles. Les techniques nécessaires à la réalisation de ces études sont du domaine de la «génomique fonctionnelle», qui se développe aujourd'hui. Si les progrès sont suffisamment rapides, la médecine retardera le vieillissement, à partir de

2050 environ. Que se passera-t-il lorsque la biologie et la médecine auront réussi à retarder le vieillissement humain ? Nous aspirerons à le retarder encore. Cet objectif est tout en nuances, et l'on ne saura pas à quel moment il est atteint. La durée de la vie augmentera, et les capacités des personnes âgées s'amélioreront progressivement. À mon avis, la vieillesse sera repoussée sans limites si l'on réussit à activer les gènes anti-âge chez les jeunes ou à préparer des cocktails de médicaments agissant comme une thérapie génique.

L'entreprise où nous sommes engagés pose des questions politiques et éthiques. Comment fonctionnera la Sécurité sociale ? À quel âge devra-t-on fixer l'âge de la retraite ? Comment devra-t-on modifier les systèmes d'héritage ? La Terre sera-t-elle menacée de surpopulation ? Est-il moral que les personnes âgées se cramponnent à la vie ? Aujourd'hui, retarder le vieillissement humain ne représente en aucune façon une menace. Toutefois, d'ici 2050, les enjeux politiques et sociaux devront être précisés.

Michael ROSE est professeur de biologie de l'évolution à l'Université d'Irvine.

Michael R. ROSE, *Evolutionary Biology of Aging*, Oxford University Press, 1991. 100 tableaux pour 100 ans, Fondation IPSEN, Paris, 1991.

M. R. ROSE et Theodore J. NUSBAUM, *Prospects for Postponing Human Aging*, in *FASEB Journal*, vol. 8, n° 12, pp. 925-928, septembre 1994.

Michael R. ROSE et Laurence D. MUELLER, *Evolution of Human Lifespan : Past, Future and Present*, in *American Journal of Human Biology*, vol. 10, n° 4, pp. 409-420, 1998.

J.M. ROBINE et M. ALLARD, *The Oldest Human*, in *Science* n° 279, pp. 1834-1835, 1998.

J.M. ROBINE, I. ROMIEU et E. CAMBOIS, *Health Expectancy Indicators*, in *Bulletin of the World Health Organization* 77(2), pp. 181-185, 1999.

Le cerveau et l'esprit

ANTONIO DAMASIO

D'où vient la conscience ? Une meilleure connaissance du fonctionnement du cerveau apporte des éléments de réponse à cette question qui préoccupe depuis longtemps philosophes et scientifiques.

La principale question des sciences de la vie est : comment ce que nous nommons l'esprit se forme-t-il dans le cerveau ? Le problème posé depuis des siècles, a pris différentes formes. Depuis que l'on n'est plus brûlé vif quand on le pose, il est intensément débattu. Récemment, les spécialistes des neurosciences et des sciences cognitives, les philosophes et tous ceux qui s'interrogent sur les origines de l'esprit se sont intéressés aux sources de la conscience.

Le débat est renouvelé par les progrès de la biologie et, notamment, ceux des neurosciences, qui ont déjà élucidé de nombreux mystères de la vie. On a peut-être plus appris sur le cerveau et sur l'esprit au cours des années 1990 – la « décennie du cerveau » – qu'au cours de toute l'histoire de la psychologie et des neurosciences. Une des dernières questions à résoudre est celle des bases neurobiologiques de la conscience.

Comment étudier la nature de la conscience ? Pour certains, la question de l'étude du cerveau par lui-même serait insoluble, par principe. Pour d'autres, l'amélioration incessante de nos connaissances fait espérer que la science résoudra toutes les énigmes, à condition que les théories soient pertinentes et les techniques suffisamment performantes. Le débat est étonnant, inattendu même, car personne n'avait douté que l'on puisse étudier les mécanismes cérébraux de la vision ou de la mémoire, qui sont pourtant deux éléments importants de l'esprit conscient.

Je suis résolument dans le camp des optimistes, même si je mesure parfaitement les difficultés qui restent à surmonter : nous trouverons – et peut-être très vite – une explication de la genèse de l'esprit par le cerveau.

Rien ne nous est plus familier que l'esprit. Pourtant, le voyageur qui part rechercher les fondements et les mécanismes biologiques de la conscience découvre vite un paysage étrange, et il est rapidement confronté à diverses questions ardues, que nous examinerons ici.

La première difficulté est celle, déjà évoquée, de l'observation du cerveau par lui-même : si nous pouvons observer le corps ou le cerveau d'autrui, nous ne pouvons voir son esprit. Seule l'auto-observation procure des informations sur l'esprit. Cette constatation a des conséquences méthodologiques : quand plusieurs personnes observent un même corps ou un même cerveau, elles peuvent confronter les observations ; en revanche, la confrontation n'est plus possible dans le cas de l'esprit. Le corps et le cerveau sont des objets publics, accessibles au regard, externalisés et objectifs. L'esprit est privé, masqué, interne et subjectif.

Quelles sont alors les relations entre un corps objectivable et un esprit internalisé ? Pour étudier le cerveau, on utilise des techniques d'imagerie perfectionnées et l'on mesure l'activité des neurones cérébraux. Selon les sceptiques, l'analyse exhaustive de toutes ces données établit des corrélations entre les états mentaux, mais ne disent rien des états mentaux étudiés. L'observation détaillée de la matière vivante ne conduit pas à l'esprit, mais à des mécanismes de la matière vivante. On ne peut comprendre comment cette matière engendre l'idée de soi, qui est la marque de la conscience (l'idée que les images de mon esprit sont miennes). Je considère que cet argument est fallacieux, mais il fait douter les neurobiologistes de la conscience les plus optimistes.

Les sceptiques ont un autre argument, que je réfute également : selon

eux, on ne peut même pas comprendre pourquoi l'esprit se préoccupe de représenter les objets. Les philosophes utilisent le terme d'« intentionnalité » pour faire référence à cette qualité représentationnelle de l'esprit.

Enfin, ils soulignent que la question de l'émergence de la conscience ne peut être posée que parce que la conscience existe. On est contraint de faire des recherches avec un instrument qui est lui-même en cours d'exploration, ce qui complique particulièrement la définition du problème et la démarche expérimentale. Ils soutiennent qu'il y a nécessairement conflit entre l'observateur observé et l'observé observateur, et que l'intellect est incapable de comprendre comment naît la conscience. Ce conflit existe, mais je soutiens qu'il n'est pas insurmontable.

En résumé, la difficulté du problème frustre les biologistes qui veulent trouver la solution et, d'autre part, conforte dans leurs convictions, ceux qui pensent que la solution est inaccessible.

Les difficultés

Pour les sceptiques, nos connaissances actuelles sur le fonctionnement du cerveau vivant sont tellement complètes qu'elles suffisent à postuler que l'on ne pourra jamais découvrir la « substance de l'esprit ». Ils prétendent que nous avons tout découvert sur le cerveau et que nous n'avons pas « trouvé » l'esprit au cours de ces recherches. Je refuse cette idée.

1. DES FILMS naissent en permanence dans notre cerveau, soumis aux événements sensoriels internes et externes. Quand le cerveau s'interroge sur l'identité de l'observateur de ce film, le sens du soi apparaît.



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 Shchiblovsky, d'après Tootell 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).