

> nécessaires et suffisantes à un état conscient, c'est-à-dire à la possibilité de se rapporter ses propres états mentaux, indépendamment de leur contenu? Deuxièmement, quel est le scénario cérébral de la prise de conscience, autrement dit la suite d'événements neuronaux qui aboutissent à la création d'un état conscient?

Être conscient requiert deux conditions absolument nécessaires. Tout d'abord, le cerveau doit être dans un mode d'éveil, c'est-à-dire que les vastes ensembles de neurones du cortex cérébral doivent être activés. Cette première condition repose sur un réseau de régions sous-corticales qui composent la formation réticulée et qui naissent dans le tronc cérébral (voir l'encadré ci-dessous).

Le tronc cérébral est la structure du système nerveux central située immédiatement au-dessus de la moelle épinière. La formation réticulée y naît, et se prolonge jusqu'au thalamus (un gros noyau gris qui appartient aux ganglions de la base) et jusqu'à d'autres noyaux voisins (tels que le noyau basal de Meynert). Comme le neurologue d'origine portugaise Antonio Damasio l'a très bien décrit en 2001, la formation réticulée reçoit en permanence des informations en provenance du monde extérieur et du corps. Dès qu'elle détecte une menace potentielle dans l'environnement ou un déséquilibre du «milieu intérieur», elle éveille le cortex situé au-dessus d'elle afin de solliciter des solutions stratégiques et élaborées pour assurer ce que l'on appelle, depuis le XIX^e siècle avec Claude Bernard, l'homéostasie – le maintien des fonctions physiologiques, comme le maintien de la glycémie ou de l'acidité des fluides internes autour de valeurs optimales.

IL NE SUFFIT PAS D'ÊTRE ÉVEILLÉ POUR ÊTRE CONSCIENT

Chaque fois que nous sommes conscients, nous sommes aussi éveillés: l'éveil est nécessaire à la conscience! Et les rêves, me direz-vous? Ne sont-ils pas d'authentiques expériences conscientes au cours desquelles nous nous rapportons ce que nous vivons? De sorte qu'une fois éveillés, nous parvenons à nous remémorer certains de ces épisodes qui nous semblent alors très bizarres... Ainsi, les rêves ne sont-ils pas des états de conscience sans éveil?

Non, car en réalité, la plupart des rêves surviennent lors d'un état très paradoxal, découvert dès les années 1950 par le neurobiologiste français Michel Jouvet: vu de l'extérieur, le dormeur n'a nullement l'air éveillé, mais son cerveau vient en fait d'être réactivé par sa formation réticulée. On parle de «sommeil paradoxal» (REM-sleep en anglais, ce qui signifie «sommeil à mouvements oculaires rapides»), qui correspond donc à un état

d'éveil cortical autorisant l'expérience consciente. Notons toutefois que certains rêves surviennent lors d'autres périodes du sommeil, et que leur mécanisme constitue un sujet de recherche très actif, exploré à la fois par les neuroscientifiques, mais également par des chercheurs en sciences humaines tels que le sociologue Bernard Lahire. Durant le sommeil lent profond, il semble que nous ne rêvions que lors de périodes instables caractérisées par des réveils partiels et transitoires du cortex, ce qui semble ainsi en accord avec ce premier principe: la conscience requiert un niveau d'éveil minimal.

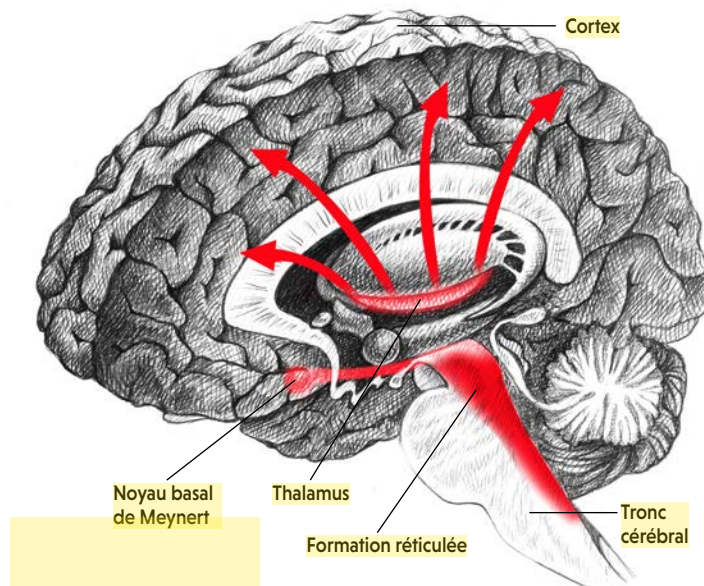
UNE « CONVERSATION NEURONALE » PARTICULIÈRE

Pour autant, être éveillé ne suffit pas. Lors de certaines crises d'épilepsie, un malade peut rester éveillé, garder ses yeux ouverts, se tenir debout avec un tonus postural d'éveil, voire même s'engager dans des activités motrices automatiques... mais il n'est conscient ni de lui-même ni de l'environnement. Autrement dit, il existe des états d'éveil sans conscience. Dans un registre plus dramatique, les états dits végétatifs illustrent la même dissociation: un éveil sans conscience de soi ni de l'environnement.

S'il ne suffit ainsi pas d'être éveillé pour être conscient, quel est l'indispensable >

AU FOND DE NOTRE CERVEAU

Notre niveau de conscience est modulé par l'activité d'une structure nerveuse enfouie dans le tronc cérébral et nommée formation réticulée. Alimentée en permanence par des informations sensorielles (auditives, visuelles, tactiles...), elle module, avec le noyau basal de Meynert, l'activité de centres supérieurs tels que le thalamus ou le cortex, créant les conditions nécessaires pour que nous soyons conscients de nous-mêmes et de ce qui nous entoure.



CONSCIENCE: UN PROBLÈME « FACILE » ET UN AUTRE « DIFFICILE »

La question de la conscience, objet de réflexions depuis l'Antiquité au moins, souffrait souvent de confusions, par exemple entre conscience perceptive, conscience de soi et conscience morale. Avec le développement de la psychologie expérimentale puis des neurosciences, dans les années 1980-1990, les notions sont devenues un peu plus précises.

La conscience est un état psychique où l'individu a une expérience subjective, où il « ressent » quelque chose, par exemple une couleur, un son, une odeur... La difficulté de définir la conscience avec précision est justement liée au caractère subjectif du « ressenti ». L'expérience subjective est en effet un phénomène mental propre au sujet et incommunicable en tant que tel à autrui : on devine ce que ressent autrui ou on en prend connaissance (partiellement) grâce à la communication verbale, mais on ne l'éprouve pas soi-même. De plus, qui dit conscience dit aussi esprit, et c'est alors toute l'énigme de la nature de l'esprit et de ses rapports avec la matière qui surgit.

En neurosciences, les chercheurs adoptent une définition opératoire de la conscience, qui se prête aux observations et aux expérimentations. Il en est ainsi de celle utilisée par Lionel Naccache dans son article ci-contre, où la conscience est vue comme « notre capacité à nous rapporter subjectivement nos propres états mentaux ». Une telle définition étant donnée, la démarche des neurosciences est ensuite d'explorer ce qui se passe physiquement dans le cerveau humain lorsque le sujet est conscient. En d'autres termes, les neuroscientifiques étudient les « corrélats neuronaux de la conscience », question que les philosophes nomment parfois le « problème facile de la conscience ».

C'est cette étude des corrélats neuronaux de la conscience qui a conduit à la théorie de l'« espace de travail neuronal global » développée par Stanislas Dehaene, Lionel Naccache et d'autres. Elle a aussi conduit à une autre théorie, plus ambitieuse mais aussi plus spéculative et plus minoritaire, dite de l'information intégrée, proposée en 2004 par Giulio Tononi, de l'université du Wisconsin à Madison, aux États-Unis, et développée

notamment avec Christof Koch, de l'institut Allen de science du cerveau, également aux États-Unis.

Cette théorie prend comme point de départ la conscience et ses propriétés essentielles, et cherche à en déduire les propriétés causales que devrait vérifier son substrat physique. La théorie de l'information intégrée définit ainsi une quantité notée Φ , qui mesure l'« information intégrée » d'un système physique et qui traduirait son degré de conscience : plus la valeur de Φ est élevée, plus il y aurait conscience.

Selon Giulio Tononi et les tenants de sa théorie, celle-ci permet non seulement d'aider à déterminer si des patients qui semblent dans le coma sont conscients ou non, mais aussi à répondre à d'autres questions de nature plus fondamentale, comme savoir si un animal donné ou un robot, voire un objet plus simple, est doté d'une forme de conscience.

Cependant, ni la théorie de l'espace de travail neuronal global ni la théorie de l'information intégrée ne répondent à une interrogation essentielle qui constitue « le problème difficile de la conscience » : comment un système physique comme le cerveau humain engendre-t-il un phénomène mental (non physique) et subjectif tel qu'une perception consciente ? Pour la plupart des philosophes de l'esprit, il y a là un fossé explicatif et ils ne voient pas comment des modèles neurobiologiques, aussi complexes soient-ils, pourraient le combler. Certaines tentatives de résoudre la difficulté s'appuient sur une démarche de type matérialiste. Il en est ainsi des thèses du philosophe américain Daniel Dennett. Vivement critiquées par d'autres philosophes tels que les Américains John Searle ou Thomas Nagel, elles prétendent démystifier la question de la conscience et la débarrasser des « illusions » à son sujet, le « problème difficile » en faisant partie.

Pour Daniel Dennett, la conscience est un phénomène qui résulte du traitement de l'information effectué par le cerveau, un phénomène biophysique « au même titre que le métabolisme, la reproduction ou l'autoréparation ». Une autre approche, plus marginale, est celle du mathématicien et physicien britannique Roger Penrose, selon qui l'émergence de la conscience est due à des phénomènes quantiques se déroulant dans les microtubules des neurones cérébraux.

Pour l'Australien David Chalmers, la solution au problème difficile de la conscience passe par une forme de dualisme matière-esprit ou de panpsychisme : considérer que la conscience est une entité aussi fondamentale que le sont l'espace et le temps en physique, et qu'elle pourrait être universelle, présente un peu partout.

Malgré le renouveau des travaux scientifiques et des réflexions sur la conscience depuis les années 1980, il semble que le « problème difficile » soit encore bien loin d'une solution. Dommage, car il conditionne les réponses à nombre de questions d'ordre éthique ou existentiel : la crevette ou la poule que je m'apprête à manger a-t-elle souffert ? Pourquoi suis-« je » né dans ce corps plutôt que dans un autre ? À cette date plutôt qu'une autre ? Y a-t-il quelque chose après la mort ? Etc.

MAURICE MASHAAL
Pour la Science

- G. Tononi et C. Koch, **Consciousness : here, there and everywhere ?**, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 370, article 20140167, 2015.
- D. Chalmers, **L'Esprit conscient**, Ithaque, 2010.
- J. Kim, **Philosophie de l'esprit**, Ithaque, 2008.
- D. Dennett, **La Conscience expliquée**, Odile Jacob, 1993.



> ingrédient cérébral supplémentaire? Un cerveau conscient n'est pas simplement un cerveau éveillé; c'est également un cerveau qui est le siège d'une conversation neuronale très particulière opérant entre des régions distantes du cortex.

Cette structure de notre cerveau est, rappelons-le, constituée d'une mosaïque d'aires dévolues à des fonctions aussi différentes que la vision, le toucher, l'intégration d'informations sur notre environnement social, la perception des visages, l'audition, la planification de l'avenir, etc.

Lorsque nous sommes conscients, différentes aires du cortex, parfois distantes de plusieurs centimètres (une distance considérable à l'échelle des cellules de notre corps), conversent les unes avec les autres d'une façon bien particulière. Elles le font tout d'abord de façon cohérente, c'est-à-dire que l'activité des neurones est, dans ces différentes aires, en partie synchronisée; la communication est par ailleurs complexe, au sens où si l'on cherche à compresser les informations qu'elle véhicule à l'aide d'un logiciel de compression numérique, on conserve malgré tout une information qui reste riche et diverse; enfin, il s'agit d'une information différenciée, dont les caractéristiques diffèrent

Dans le cerveau conscient, des aires distantes ont de riches échanges d'information

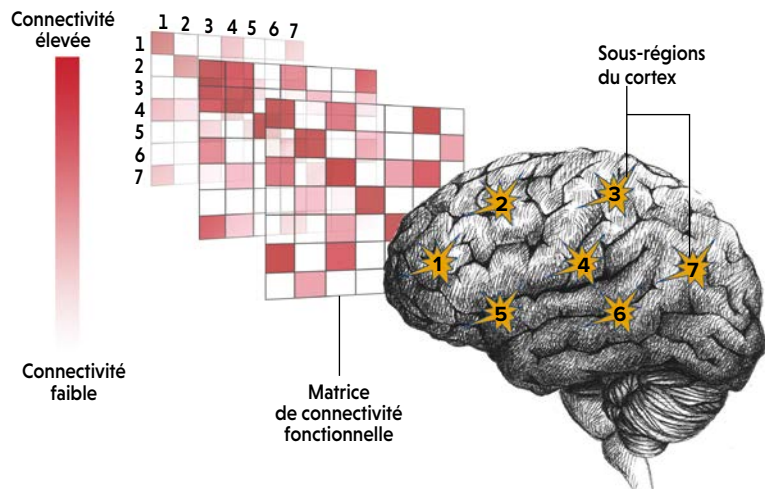
selon les aires corticales engagées dans cette conversation.

Dans certaines situations pathologiques, cette conversation devient excessive, appauvrie et indifférenciée; c'est typiquement ce qui survient lors d'une crise d'épilepsie accompagnée d'une perte de conscience. Autrement dit, pour être conscient, le cerveau doit se trouver dans un mode de communication suffisant, mais non excessif.

Récapitulons: pour être conscient, un cerveau doit être d'une part éveillé, et d'autre part le siège d'une activité spécifique, à la fois cohérente, complexe et différenciée selon les critères qui précèdent. Or il est aujourd'hui possible de détecter dans l'activité cérébrale la combinaison de ces deux conditions nécessaires et suffisantes à l'état conscient. À l'aide de l'IRM fonctionnelle ou de l'électroencéphalographie, nous parvenons à savoir si un cerveau est conscient, s'il est endormi et inconscient, ou encore s'il est éveillé mais inconscient.

UN ÉTAT DE FORTE CONNECTIVITÉ FONCTIONNELLE

Les états conscients se repèrent par la richesse des communications à longue distance entre différentes sous-régions cérébrales (ici, on en a représenté sept, à seule fin d'illustration). À chaque instant, chaque sous-région du cortex est fonctionnellement connectée à certaines autres sous-régions (elles s'activent de manière analogue au même moment), ce que l'on représente dans un tableau appelé matrice : plus deux régions sont connectées, plus la case située à leur intersection dans le tableau tend vers le rouge. Un cerveau conscient se repère à des transitions rapides entre un très grand nombre de telles matrices, reflétant une connectivité fonctionnelle riche et changeante.



DES SIGNATURES CÉRÉBRALES IDENTIFIABLES

À titre d'exemple, une série de travaux réalisés dans les années 2000 conjointement dans mon laboratoire et celui de Stanislas Dehaene, au centre de neuro-imagerie de l'Inserm et du CEA, au sud de Paris, nous ont permis de caractériser ces signatures cérébrales de l'état conscient. Nous les utilisons auprès de malades plongés dans des états où il leur est impossible de communiquer (par exemple, des patients en syndrome *locked-in*, conscients mais paralysés, ou des sujets éveillés dont on ignore s'ils sont conscients ou non).

Pour identifier de telles signatures cérébrales de la conscience, l'une des pistes de recherche les plus prometteuses consiste à s'intéresser à la dynamique des configurations d'activité cérébrale. Voyons, encore une fois, le cortex sous la forme d'un ensemble de