

> Envisager le développement d'un outil de mesure de la conscience requiert de s'intéresser aux dynamiques internes de notre vie mentale. Cette activité fluctue en quelques fractions de seconde, ce qui impose de mesurer les signaux cérébraux sur une échelle de temps similaire. L'outil physiologique le plus important pour évaluer la conscience à partir de l'exploration du cerveau a été, et continue d'être, l'électroencéphalographie, ou EEG.

C'est un psychiatre allemand qui, dans l'entre-deux-guerres, a développé cette technique. Hans Berger a consacré sa vie à rechercher le lien entre l'expérience subjective et l'activité du cerveau. En 1924, il enregistra pour la première fois les ondes cérébrales d'un patient – des travaux qu'il publia en 1929. L'EEG est ensuite peu à peu devenue l'outil fondamental de tout un domaine médical, la neurophysiologie clinique.

Bien sûr, l'EEG n'est pas le seul moyen d'enregistrer l'activité cérébrale. Les outils les plus répandus mesurent les dynamiques du flux sanguin à l'intérieur du cerveau à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou détectent, par magnétoencéphalographie, le champ magnétique induit par l'activité électrique des neurones. Mais ces instruments, de même que des techniques plus récentes comme la spectroscopie dans l'infrarouge proche, ne sont pas encore exploitables en routine à l'hôpital à cause de diverses difficultés méthodologiques et pratiques.

ENREGISTRER LES ONDES CÉRÉBRALES

L'EEG mesure les minuscules fluctuations de potentiel électrique (de 10 à 100 microvolts) qu'engendre l'activité électrique à travers le néocortex, la surface externe du cerveau responsable de la perception, de l'action, de la mémoire et de la pensée. Les principaux contributeurs de l'activité électrique collective qui, pense-t-on, produit les signaux enregistrés sont les neurones pyramidaux du cortex, nommés ainsi à cause de leur forme tétraédrique. On déduit indirectement la contribution de structures plus profondes, telles que le thalamus, à travers leur action sur les cellules corticales.

La technique, non invasive, fonctionne au moyen d'électrodes placées sur le cuir chevelu. Avec l'apparition des systèmes d'EEG à haute densité (comportant jusqu'à 256 électrodes), les cartes montrant la distribution de l'activité électrique dans le cerveau sont devenues courantes. Certes, placer les électrodes enduites d'un gel humide et conducteur sur la peau nettoyée du crâne est contraignant, chronophage et propice aux erreurs si les électrodes bougent, ce qui limite l'utilisation de cette technique. Mais grâce aux nouvelles électrodes, sèches et plus sensibles, l'EEG s'est répandue au-delà

des hôpitaux. Elle permet par exemple à des athlètes de surveiller leur activité cérébrale pendant plusieurs heures et ainsi de s'entraîner à se concentrer, ou à des personnes insomniaques de mieux connaître leur sommeil naturel afin de le prolonger.

Depuis la fin des années 1940, un électroencéphalogramme «actif» était la preuve la plus sûre qu'un sujet est conscient. Cet état se caractérise par des oscillations de faible amplitude, rapides, fluctuantes et désynchronisées. En général, plus la fréquence d'oscillation du signal diminue, plus la probabilité est faible que le sujet soit conscient. Mais cette règle souffre de suffisamment d'exceptions pour qu'on ne l'utilise pas comme base de détection de la conscience. Par conséquent, des scientifiques et des médecins se sont mis en quête de techniques de mesure plus fiables. Ils ont ainsi mis au point un nouvel outil fondé sur une propriété fondamentale de toute expérience consciente.

Avant de s'y arrêter, il est important d'en savoir plus sur les patients dont les médecins ont besoin de détecter la conscience et sur les raisons de ce besoin. Les médecins distinguent deux classes de patients (nous ne parlons ici

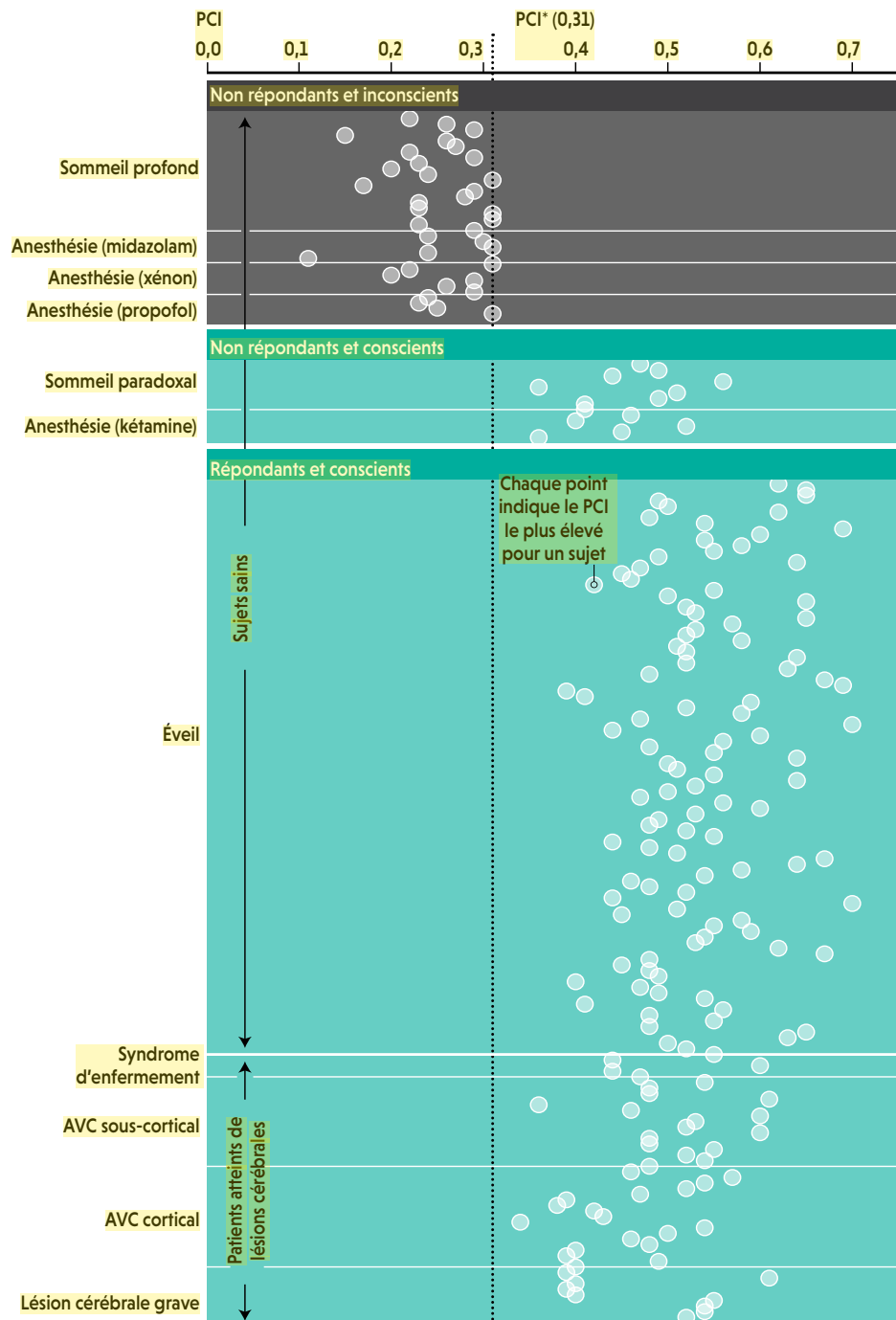
Les médecins ont besoin de détecter la conscience de deux classes de patients

que d'adultes; les patients en pédiatrie représentent un tout autre défi qui ne sera pas développé ici). La première classe est constituée d'adultes souffrant de sérieux troubles de la conscience dus à un traumatisme crânien, à des infections du cerveau (encéphalite infectieuse) ou des membranes qui le protègent (méningite), à un accident vasculaire cérébral ou à des intoxications à la drogue ou à l'alcool. Après leur accident cérébral, les patients se stabilisent, mais demeurent infirmes et alités, incapables de parler ou d'exprimer leurs pensées et leurs intentions. Avec des soins adaptés pour éviter escarres et infections, ces patients vivent parfois pendant des années dans cet état.

Au sein de cette classe, les médecins distinguent plusieurs catégories. Les patients dans >

LA TECHNIQUE DU ZAP AND ZIP

Silvia Casarotto, de l'université de Milan, et ses collègues ont recruté 102 sujets sains et 48 atteints de lésions cérébrales, réveillés et répondants, pour les soumettre à leur test de détection de la conscience. À l'aide d'impulsions magnétiques, ils ont stimulé les cerveaux des participants (le zap) dans des états conscients et inconscients, puis mesuré leur réponse par électroencéphalographie. Ce résultat était ensuite analysé grâce à un algorithme de compression (le « zip »). Une valeur, nommée indice de complexité perturbacionnelle (PCI), a été calculée pour chaque mesure et les participants ont été interrogés sur leur état de conscience. Résultat : les sujets conscients avaient un PCI supérieur à 0,31 (PCI*), et les sujets inconscients un score inférieur. Réalisé avec ce même seuil sur des patients dans le coma, ce test a révélé que certains étaient conscients (résultats non représentés).



► un état végétatif, mieux décrit par le terme moins péjoratif de « syndrome d'éveil non répondant », alternent des phases de sommeil et d'éveil. Pourtant, les tentatives de communication à leur chevet (« Si vous m'entendez, pressez ma main ou clignez des yeux ») échouent. Ces patients avalent, bâillent, ouvrent et bougent leurs yeux ainsi que leur tête, mais pas de manière intentionnelle. Leurs actions sont dépourvues de volonté et seuls persistent les réflexes cérébraux de base, c'est-à-dire l'activité contrôlant les processus fondamentaux tels que la respiration, les transitions éveil-sommeil, le rythme cardiaque, les mouvements des yeux et les réactions de la pupille à la lumière.

Absence de preuve de conscience ne signifie pas preuve de l'absence de conscience

Beaucoup se souviennent de Terri Schiavo, une patiente de Floride qui, après un arrêt cardiaque, a vécu quinze ans en état d'éveil non répondant, jusqu'à ce que la justice américaine autorise son euthanasie en 2005. Les patients de cette catégorie représentent un phénomène moderne et doivent leur survie aux numéros d'urgence, aux hélicoptères et aux soins médicaux avancés d'aujourd'hui. Aux États-Unis, plus de 10 000 patients se trouvent dans cet état en vivant dans des établissements de soins palliatifs, des maisons de santé ou chez eux (en France, ils étaient environ 1 500 en 2002, selon le *Bulletin officiel*. En Belgique en 2010, on comptait par an 150 nouveaux cas pour un million d'habitants, un chiffre stable et similaire pour la France).

Il est tentant de considérer que ces patients n'éprouvent rien puisqu'ils sont incapables d'interagir avec leur environnement, mais l'absence de preuve ne signifie pas preuve de l'absence. Les patients en état d'éveil non répondant sont-ils capables de ressentir la douleur, le stress, l'anxiété, la solitude, la résignation, un flot de pensées... ou absolument rien ? Difficile de répondre. Selon plusieurs études, 20 % des patients en état d'éveil non répondant sont conscients et mal diagnostiqués. Pour la famille et les amis qui prennent soin du patient pendant ►

« LA CONSCIENCE, 50 NUANCES DE GRIS ET PLUSIEURS DIMENSIONS »

Comment vous êtes-vous lancé dans ces travaux ?

Quand j'ai commencé mes recherches, dans les années 1990, la conscience était un sujet tabou. Puis l'effort pour la comprendre est devenu international. Plusieurs hypothèses ont été proposées, dont une qui m'a particulièrement intéressé, de Giulio Tononi, médecin et mathématicien à l'université du Wisconsin à Madison : pour qu'un système soit conscient, il faut que l'information y soit engrangée de façon intégrée – l'information reçue ne peut pas être divisée en composantes discrètes et indépendantes. S'appuyant sur cette idée, Giulio Tononi a construit une théorie mathématique qui, certes, n'explique pas comment la matière devient pensée, mais a le mérite d'inviter la communauté scientifique à la mettre à l'épreuve.

C'est ainsi que Marcello Massimini, à l'université de Milan, a développé une technique qui mesure la connectivité dans le cerveau en couplant stimulation magnétique transcrânienne (le « zap ») et électroencéphalographie (*voir l'article*). Il a montré grâce à elle que la connectivité diminue quand on est endormi. J'ai eu très vite connaissance de cette technique et j'ai invité à Liège pour la tester chez des personnes dans le coma. On s'est alors aperçu que les réponses différaient beaucoup d'un patient à l'autre et qu'il existait un syndrome de déconnexion : le cerveau abîmé n'a plus la capacité d'intégrer l'information. De plus, les électroencéphalogrammes obtenus sont complexes – plus de 60 électrodes mesurent chacune un signal dans le temps. Nous avons donc