

> 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



**STEVEN LAUREYS**  
directeur du Coma Science Group  
à l'université et au CHU de Liège,  
coauteur des études menées  
avec la technique « zap and zip »

Propos recueillis par MARIE-NEIGE CORDONNIER

cherché à réduire l'information qu'ils contenaient à un chiffre, l'indice PCI.

#### En quoi consiste cet indice ?

Pour l'élaborer, Adenauer Casali, dans le laboratoire de Marcello Massimini, a proposé d'effectuer une sorte de compression « zip » : à partir de l'électroencéphalogramme, il a construit une matrice traduisant le schéma d'activation spatio-temporelle du cerveau, c'est-à-dire résumant quelles zones s'activent et à quels moments. Le PCI mesure la complexité de cette matrice et donc de la connectivité cérébrale.

Quand une personne est dans le coma ou en éveil non répondant, soit la réponse est stéréotypée ou quasi absente, soit tout s'allume, signe qu'il n'y a pas d'intégration d'information. Ainsi, c'est bien la complexité de la réponse induite par les chocs de stimulation qui est captée lors

de la mesure. L'indice illustre le fait que pour être conscient, il faut que nos milliards de neurones soient bien connectés et que cette connectivité ne soit pas juste structurelle, mais aussi fonctionnelle.

#### Quel est l'intérêt d'une telle mesure ?

Le PCI vient compléter le diagnostic, car il évalue la capacité de conscience du patient indépendamment de sa capacité à traiter des stimuli extérieurs ou à bouger, puisqu'on stimule directement le cerveau. Que le patient comateux soit sourd, paralysé ou aphasique, le test va fonctionner, alors qu'un doute subsiste lorsque le patient ne répond pas à un test neurologique classique comme lui demander de bouger la main.

De plus, le PCI se révèle en accord avec les autres tests techniques actuellement disponibles : dans notre groupe, Olivier Bodart a récemment montré qu'il est corrélé avec l'activité métabolique du cerveau, mesurée en tomographie par émission de positrons. Il semble aussi qu'il soit corrélé avec le degré de connectivité structurelle mesuré avec l'imagerie par résonance magnétique. En associant ces techniques ainsi que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle – une autre approche du fonctionnement du cerveau –, on espère affiner le diagnostic et le pronostic. Si ces examens suggèrent que le patient a une forme de conscience, cela signifie qu'il peut percevoir la douleur et on lui administrera des antidouleurs. Son pronostic étant meilleur, on intensifiera aussi la rééducation.

Par ailleurs, ces tests peuvent guider les interventions thérapeutiques : nous travaillons notamment sur la stimulation cérébrale non invasive, une stimulation

électrique à courant continu qui améliore l'état de conscience de certains patients. Avec la mesure du PCI, nous essayons de comprendre pourquoi certaines personnes répondent à ce traitement et d'autres non.

#### Quelles sont les limites de ce test ?

La technique est chère. La machine coûte à elle seule un demi million d'euros et son utilisation, compliquée, nécessite des experts. Tant l'acquisition du signal que l'analyse sont longues et délicates. On n'est pas près de l'utiliser en routine en hôpital. Ensuite, on ne peut pas réduire la conscience à un seul chiffre. L'erreur historique a été de croire que la conscience est tout ou rien. C'est plutôt 50 nuances de gris et plusieurs dimensions : la conscience du monde extérieur, du monde intérieur, l'attention, l'éveil, les émotions, la mémoire... La limiter à un chiffre est utile, mais insuffisant. Il faut aussi capter ses dimensions et subtilités.

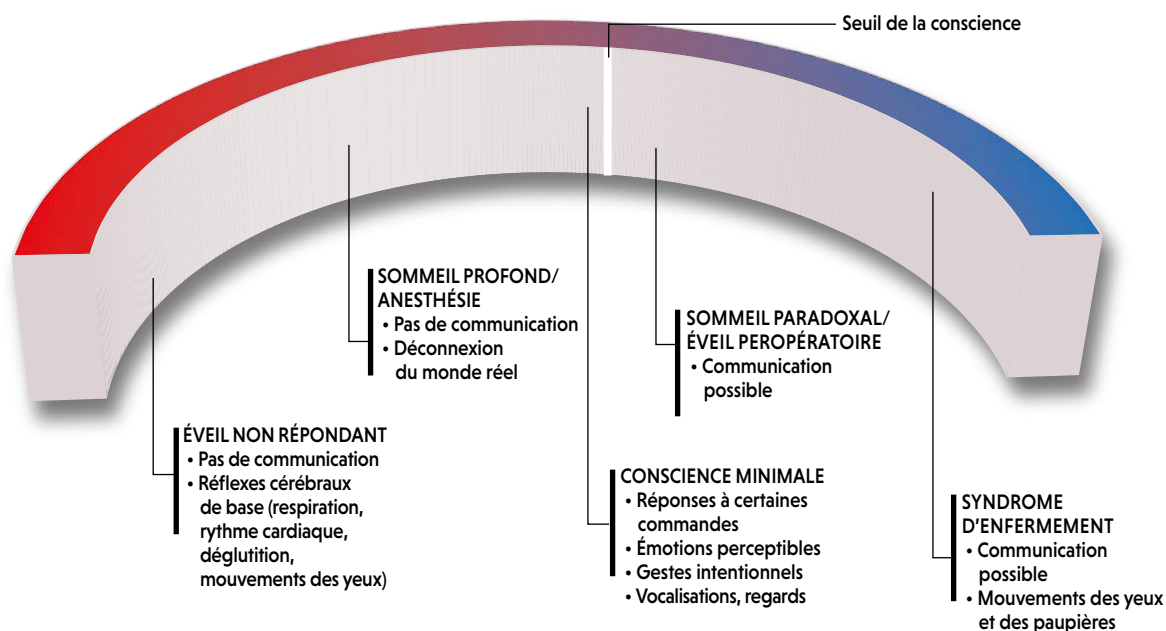
#### Quelles sont les perspectives ?

Chaque semaine, des patients de toute l'Europe sont envoyés dans notre service pour passer ces tests. On travaille ainsi à identifier quel test est nécessaire pour quel type de patient afin de rationaliser leur prise en charge, aussi bien pour leur rééducation que pour les décisions très difficiles d'arrêt de traitement ou de fin de vie. On s'aperçoit malheureusement que beaucoup de ces patients sont négligés. Dans certaines régions, notamment en France, on ne trouve pas de centre de rééducation. Une priorité est de leur assurer un parcours de rééducation, des centres pour les accueillir, puis des maisons de repos et de soin, l'accompagnement au domicile. Il ne suffit pas de mesurer un PCI.

On travaille aussi avec des chercheurs du *Human Brain Project*, ce projet européen visant à modéliser la conscience, qui vont tester notre technique chez l'animal et même sur des ordinateurs. Nous menons enfin des études avec des experts en méditation bouddhique, dont Matthieu Ricard, le seul qui ait réussi à modifier volontairement son PCI, afin non seulement de mieux comprendre les effets de la méditation sur le cerveau, mais aussi de tester nos théories sur la conscience. ■



Pour déterminer le niveau de conscience, l'équipe de Steven Laureys applique au sujet une stimulation magnétique transcrânienne et mesure par électroencéphalographie sa réponse cérébrale, dont elle quantifie la complexité.



> des années, savoir si leur proche est présent mentalement change considérablement la donne.

La situation est moins ambiguë pour les patients en état de conscience minimale. Incapables de parler, ils sont néanmoins en mesure de répondre à certaines commandes, mais souvent de manière imperceptible, imprévisible et entrecoupée de longs silences; de pleurer ou de sourire légèrement dans les situations émotionnelles appropriées; de vocaliser ou d'esquisser un geste de temps à autre ou de suivre des objets du regard. Pour ces patients, l'hypothèse est qu'ils ressentent quelque chose de façon minimaliste, au moins à certains moments.

La seconde classe de patients dont les médecins ont besoin d'évaluer la conscience est totalement différente. Il s'agit d'individus comme vous et moi, dont le cerveau fonctionne normalement et qui subissent une intervention chirurgicale, que ce soit pour retirer une tumeur, réparer un genou ou soigner une autre partie du corps. Pendant quelques heures, l'anesthésie élimine la douleur et autres expériences conscientes, évite le mouvement et stabilise le système nerveux autonome, qui contrôle la respiration et d'autres fonctions.

Les patients sombrent en espérant ne pas se réveiller pendant la chirurgie et ne pas avoir à affronter, plus tard, des souvenirs traumatisants de l'opération qui pourraient les hanter toute leur vie. Malheureusement, cet objectif n'est pas toujours atteint. On estime que le réveil de la conscience sous anesthésie, ou «éveil peropératoire», survient dans environ 1 cas sur 1000, en particulier quand, durant une procédure, un anesthésiste paralyse le patient pour faciliter son intubation ou prévenir le mouvement des muscles. Aux États-Unis, des millions de personnes subissent chaque année

On sait aujourd'hui que la conscience n'est pas binaire. Il existe un large éventail d'états de conscience, entre la perte totale de conscience et l'état éveillé du sujet sain. Quelques états ont été décrits (*ci-dessus*), mais même au sein de chacun, des variations existent...

une anesthésie générale (elles sont plusieurs millions en France aussi); on compte donc des milliers d'éveils peropératoires.

Actuellement, les électroencéphalogrammes effectués durant une opération surveillent la profondeur de l'anesthésie. Mais parmi la vaste gamme d'agents anesthésiques, aucun n'agit de la même façon sur l'ensemble des patients – des nouveau-nés aux personnes âgées. Il faudrait un outil capable de détecter la conscience chez chaque individu et dans un large spectre d'états: normaux et pathologiques, aigus (anesthésie) et chroniques.

## LA NATURE DE L'EXPÉRIENCE CONSCIENTE

Pour détecter la conscience, il est nécessaire de prendre en compte deux caractéristiques essentielles de toute expérience subjective, qu'elle soit banale ou hors du commun. D'abord, par définition, chaque expérience est unique. Elle est propre au lieu et au moment où elle survient. Chacune contient énormément d'informations. Prenez par exemple la richesse visuelle d'une randonnée dans les Rocheuses ou d'une autre dans la chaîne des Cascades, aux États-Unis. Combinez ensuite ces images avec d'autres entrées sensorielles, comme les sons et les odeurs, les émotions et les souvenirs associés à l'une ou l'autre randonnée. Chaque randonnée est ainsi distincte à sa manière. Ensuite, chaque expérience forme un tout indissociable. On ne peut séparer ce que l'on a ressenti en voyant la fumée noire s'élever au-dessus des tours jumelles