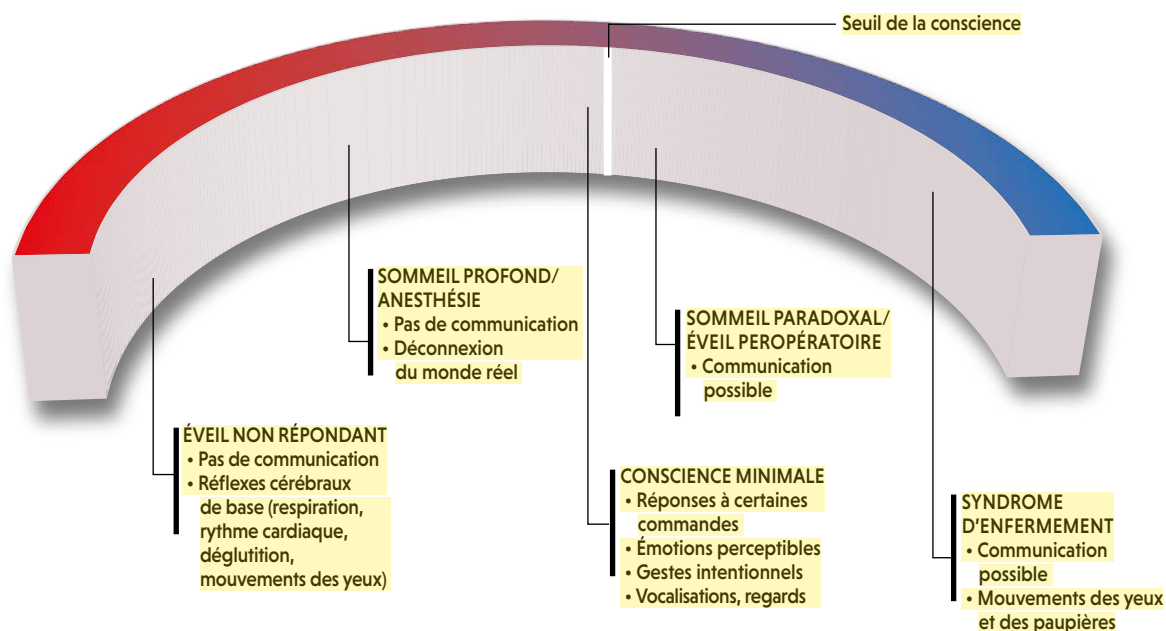




> des années, savoir si leur proche est présent mentalement change considérablement la donne.

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

le 11 septembre 2001 en une demi-expérience de la tour Nord et une autre de la tour Sud.

Actuellement, la théorie de la conscience la plus prometteuse qui réunisse ces deux caractéristiques est la théorie de l'information intégrée. Imaginée par Giulio Tononi, psychiatre et neuroscientifique à l'université du Wisconsin à Madison, cette théorie, formalisable mathématiquement, souligne les caractères différenciés et intégrés de toute expérience subjective et postule que le mécanisme soutenant l'expérience consciente dans le néocortex du cerveau humain doit incorporer ces deux attributs. En d'autres termes, elle postule qu'à chaque propriété associée à une expérience correspond une propriété du système cérébral de la conscience, qui en est la cause. Ainsi, à chaque expérience (représentée par l'ensemble des propriétés qui lui sont associées) correspond une structure physique complexe irréductible responsable de cette expérience. Giulio Tononi a traduit ces idées en un calcul formel qui fournit une mesure de l'irréductibilité de cette structure complexe. Et puisqu'il y a correspondance avec l'expérience vécue, cette mesure reflète la qualité de celle-ci, c'est-à-dire la qualité de l'information engrangée.

Pour tester cette théorie, Giulio Tononi, le neurologue et neuroscientifique Marcello Massimini, aujourd'hui à l'université de Milan, en Italie, et leurs collègues ont conçu dans les années 2000 une méthode fondée sur l'EEG.

Le cerveau en sommeil profond se comporte comme une cloche mal accordée

Celle-ci fournit une approximation très grossière du calcul formel de la théorie de l'information intégrée. L'équipe a vérifié sa pertinence en l'utilisant, avec succès, pour déterminer si six volontaires en bonne santé étaient conscients et se reposaient les yeux fermés, ou s'ils étaient profondément endormis et donc inconscients.

Le cerveau d'une personne profondément endormie se comporte comme une cloche mal accordée: alors que l'amplitude initiale du signal enregistré sur l'électroencéphalogramme

est plus grande que durant l'éveil, sa durée est beaucoup plus courte et ce signal ne se propage pas à travers le cortex jusqu'aux régions connectées. Bien que les neurones restent actifs lors du sommeil profond, comme en témoigne la forte réponse dans une région localisée du cerveau, l'intégration a été rompue. Il ne persiste qu'une infime part de l'activité électrique observée dans le cerveau éveillé.

Distinguer la réponse du cerveau éveillé ou en sommeil profond peut sembler évident, mais la méthode a été étendue à des tâches autrement plus difficiles où il s'agit de différencier toute une variété d'états cérébraux. Ainsi, dans les années qui ont suivi la mise au point de la méthode, Giulio Tononi, Marcello Massimini et dix-sept autres médecins et neuroscientifiques, dont Steven Laureys, du Coma Science Group, à Liège, ont testé la procédure chez nombre d'autres sujets et publié leurs résultats en 2016 (voir l'encadré pages 30 et 31).

STIMULER, ENREGISTRER, COMPRESSER

La méthode, nommée stimulation magnétique transcrânienne, consiste à stimuler le cerveau (*zap the brain* en anglais) en envoyant une impulsion magnétique via une bobine de fil électrique confinée et maintenue contre le cuir chevelu. Cette technique induit un bref courant électrique dans les neurones corticaux sous-jacents. Ces neurones entraînent à leur tour d'autres neurones dans une cascade qui se répercute dans le cerveau jusqu'à ce que le courant électrique disparaisse, en une fraction de seconde. Imaginez le cerveau comme une grande cloche dont le battant serait la stimulation magnétique transcrânienne. Une fois frappée, une cloche bien accordée fera retentir sa note pendant un temps considérable, comme le fait le cerveau éveillé.

L'activité électrique du cerveau est enregistrée au moyen d'un casque d'EEG à haute densité porté par le patient. L'expérience est reproduite environ deux cents fois pour une même région corticale stimulée et répétée sur différentes régions. Dans un cerveau éveillé, dont la connectivité est intacte, le suivi des différentes régions cérébrales en réponse à la stimulation révèle, dans la majeure partie du cortex, une activité ni totalement prévisible ni complètement aléatoire, emblématique de ce que l'on qualifie de complexe. Les chercheurs estiment sa complexité, c'est-à-dire le degré de variation de la réponse à travers le cortex et le temps, en utilisant une mesure mathématique saisissant cette diversité. Empruntée à l'informatique, la technique s'appuie sur l'algorithme de compression «zip» qui réduit la taille de stockage des images et des films. D'où le nom de *zap and zip* donné dans le milieu à l'ensemble de la procédure. ➤