

Abonnez-vous à **POUR LA SCIENCE**

Et restez au cœur de l'actualité scientifique internationale !



EXCEPTIONNEL
2 numéros spéciaux
de *Pour la Science*
offerts !
À choisir parmi la sélection
ci-dessous

Pour la Science (12 numéros)
+ **Dossier Pour la Science** (4 numéros)

1 an • 76 € seulement
au lieu de 102,70 €

OFFRE EXCEPTIONNELLE « NUMÉRO SPÉCIAL » **POUR LA SCIENCE**

Bulletin à découper ou à photocopier et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe non affranchie à : Service abonnements • Pour la Science • Libre réponse 90 382 • 75281 Paris Cedex 06

☐ **Oui, je m'abonne 1 an et reçois 12 n°s de *Pour la Science* + 4 n°s de *Dossier Pour la Science* au prix de 76 €* (au lieu de 102,70 €, prix de vente au numéro). Je bénéficie également des versions numériques sur www.pourlascience.fr**

* Offre valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter au prix de l'abonnement : Europe 16 € – autres pays 35 €.

+ En cadeau, à l'occasion de la sortie du nouveau numéro spécial de *Pour la Science*, je choisis 2 précédents numéros parmi les titres suivants :



☐ N° 326 - 077326
Déc. 2004



☐ N° 338 - 077338
Déc. 2005



☐ N° 350 - 077350
Déc. 2006



☐ N° 361 - 077361
Nov. 2007



☐ N° 373 - 077373
Nov. 2008



☐ N° 385 - 077385
Nov. 2009



☐ N° 397 - 077397
Nov. 2010



☐ N° 409 - 077409
Nov. 2011

Retrouvez tous les numéros parus sur www.pourlascience.fr

Je souhaite recevoir gratuitement la newsletter *Pour la Science* à l'adresse e-mail suivante (à remplir en majuscule) :

_____ @ _____

J'indique mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. (facultatif) : _____

Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Par carte bancaire

Numéro _____

Date d'expiration _____ Signature obligatoire

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) : _____

La conscience

Comment la déceler ?

Olivia Gosseries et Steven Laureys

Grâce à des techniques d'imagerie cérébrale mieux adaptées, on détecte des signes de conscience chez des personnes qui ne communiquent pas.

Peut-être saura-t-on bientôt repérer le moment où émerge la conscience.



Qu'est-ce que la conscience ? Répondre à cette question apparemment anodine reste un défi notamment pour les neuroscientifiques. Chacun a une intuition de ce que signifie ce terme, mais le définir reste d'une autre envergure. La réponse de saint Augustin à qui l'on demandait de définir le temps pourrait s'appliquer à la conscience : « Si personne ne m'interroge, je le sais ; si je veux répondre à la demande, je l'ignore. » Outre sa définition, la conscience soulève d'innombrables questions : quand naît-elle chez l'enfant ? Comment la déceler chez le sujet qui a sombré dans le coma ?

S'il faut tenter une définition, disons que la conscience correspond à ce que nous perdons lorsque nous nous endormons profondément et ce que nous récupérons quand nous nous réveillons. Toutefois, on s'accorde à dire que la conscience présente deux composantes indispensables : l'éveil et la perception consciente. L'éveil se caractérise par une ouverture prolongée des yeux et est sous-tendu par l'activation du tronc cérébral ainsi que de ses projections vers le thalamus et le cortex. La perception consciente correspond à l'ensemble des expériences subjectives présentes, passées et futures. Elle est définie au plan clinique par des comportements volontaires tels qu'une réponse à la commande ; elle dépend de l'activité du cortex frontal et pariétal, encore nommé réseau fronto-pariétal, et de ses connexions avec le thalamus, une aire cérébrale profonde, relais central des informations distribuées aux différentes aires cérébrales. La conscience résulte donc de l'interaction des activités du cortex cérébral, du tronc cérébral et du thalamus.

L'éveil et la perception consciente vont généralement de pair. Par exemple, quand nous nous endormons, ces deux composantes diminuent progressivement. Pourtant, ce n'est pas le cas durant le sommeil paradoxal (c'est-à-dire la principale période des rêves) où nous sommes relativement conscients, mais pas éveillés, ou encore dans certains états pathologiques, tels que les crises d'épilepsie, le somnambulisme ou encore le syndrome d'éveil non répondant (état végétatif), sur lequel nous reviendrons, et où nous sommes plus éveillés que conscients.

La perception consciente comporte deux versants : le niveau et le contenu. Le

premier se rapporte à la question : « Cette personne est-elle consciente ? », alors que le second porte sur la question : « Cette personne est consciente, mais de quoi ? » Le niveau de conscience se caractérise par la conscience d'un flux toujours changeant d'états mentaux spécifiques, alors que les contenus de la conscience sont des états transitoires dont nous sommes conscients à chaque instant. Le contenu de la conscience peut être interne ou externe. La conscience externe, c'est-à-dire celle de l'environnement, est associée à une expérience vécue au travers des différentes modalités sensorielles (vision, audition, odorat, etc.). La conscience interne se réfère aux processus mentaux qui ne requièrent pas la médiation de stimulus sensoriels externes, et inclut par exemple les pensées spontanées, le discours intérieur, la rêverie et l'imagerie mentale.

Les états de conscience altérée

Il existe plusieurs états de conscience altérée : le coma, l'état végétatif, l'état de conscience minimale. Nous allons les décrire rapidement avant d'examiner comment les résultats récents issus de l'étude de ces états, mais aussi d'une activité cérébrale négligée jusqu'à présent, l'état de repos, permettent de préciser la définition de la conscience.

Commençons par le coma. Après une lésion cérébrale aiguë qui peut être d'origine traumatique (un accident) ou non traumatique (un arrêt cardiaque), le patient perd connaissance et sombre dans le coma. Si les lésions cérébrales sont trop importantes, le patient décède dans les jours qui suivent (mort cérébrale).

Depuis le développement des techniques de ventilation mécanique dans les années 1950, la définition de la mort est passée d'une mort cardiaque, définie par une cessation des fonctions respiratoires et cardiaques, à une mort cérébrale. La mort cérébrale, ou le coma dépassé, implique la perte irréversible de toutes les fonctions cérébrales. On observe parfois chez ces patients des mouvements ralentis provoqués par une activité cérébrale réflexe résiduelle.

Le coma se caractérise par une absence totale d'ouverture des yeux et une absence de conscience de soi et de l'environnement. Cette pathologie résulte d'une atteinte

L'ESSENTIEL

- Il existe plusieurs niveaux de conscience possibles après un grave accident cérébral.
- On distingue des états de conscience où le sujet n'est ni éveillé ni conscient (coma), où il est éveillé, mais non conscient (éveil non répondant), et où il est éveillé et soit partiellement conscient (état de conscience minimale), soit totalement conscient (syndrome locked-in).
- Mais les nouvelles techniques d'exploration du cerveau révèlent que des sujets apparemment non conscients perçoivent dans certains cas les stimulus venant de l'extérieur.
- En outre, la stimulation profonde du thalamus semble efficace chez certains patients pour restaurer une conscience normale.

importante du tronc cérébral et du cortex cérébral. Le coma qui présente les mêmes caractéristiques cliniques que la syncope s'en distingue par sa durée: on parle de coma si l'état se prolonge au-delà d'une heure. Les fonctions autonomes (respiration, thermorégulation, etc.) sont diminuées, ce qui nécessite généralement une aide respiratoire. Le sujet dans le coma ne présente aucune réaction volontaire, même s'il peut parfois réagir à des stimulations douloureuses, et si des mouvements réflexes persistent. En général, le patient qui survit reprend graduelle-

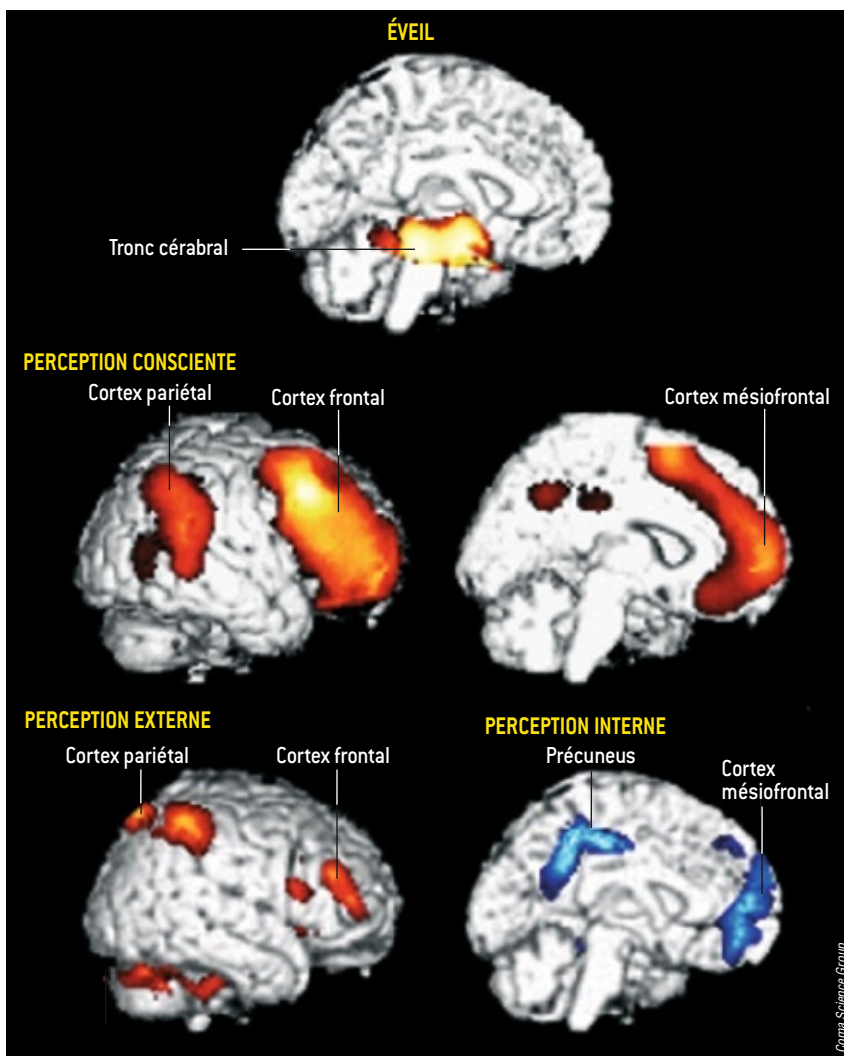
ment une activité consciente (état de conscience minimale) qui se poursuit souvent par une période d'amnésie post-traumatique transitoire au cours de laquelle il reste confus. Dans la majorité des cas, le patient récupère en quelques semaines et peut ensuite suivre une rééducation. Mais dans certains cas, il reste dans un état d'éveil non répondant ou de conscience minimale pendant plusieurs mois, voire plusieurs années ou décennies.

En quoi consiste le syndrome d'éveil non répondant? Cet état a également été nommé état végétatif, syndrome apallique ou encore coma vigile: la pluralité de ses qualificatifs tient sans doute en partie à la difficulté de le définir. Il se caractérise par une ouverture des yeux en absence de toute conscience de soi ou de l'environnement. Les fonctions autonomes sont préservées et la respiration s'effectue généralement sans assistance technique. Ces patients ne parlent pas de façon intelligible, et ne répondent pas quand on les interroge, mais ils peuvent manifester une variété de mouvements réflexes tels que grincer des dents, bouger les yeux, avaler, bâiller, pleurer et sourire. Quand cet état dure plus d'un mois après l'accident, on parle d'état végétatif persistant. Après 12 mois, si la cause du coma est un traumatisme crânien, ou après trois mois pour les causes non traumatiques, on parle d'état végétatif permanent.

Éveillés, mais non conscients

Toutefois, on évite d'utiliser ces deux termes qui sont péjoratifs, et c'est pourquoi nous avons récemment proposé le terme de syndrome d'éveil non répondant. Cette dénomination, d'une part, évite la connotation négative associée au terme végétatif (qui tend à assimiler les patients à des végétaux), et, d'autre part, rappelle qu'il ne faut pas sous-estimer les fonctions cognitives résiduelles de ces sujets (nous verrons que, dans certains cas, ils sont potentiellement conscients sans être en mesure de communiquer). Ce nouveau terme illustre le fait que ces patients sont éveillés, mais ne présentent que des comportements réflexes aucunement liés à des réponses volontaires.

Examinons maintenant l'état de conscience minimale. C'est une entité clinique qui se manifeste par des signes de conscience élémentaires et fluctuants. Ces



1. LA CONSCIENCE qui implique éveil et perception consciente nécessite l'activation de plusieurs aires cérébrales. Le tronc cérébral est nécessairement activé durant l'éveil. Quant à la perception consciente, elle est associée à l'activation du réseau fronto-pariétal (au milieu à gauche, activation en surface et, à droite, activation au cœur du cerveau). Elle présente deux composantes, la perception externe et la perception interne. Le réseau neuronal impliqué dans la perception externe, ou conscience de l'environnement, comprend notamment le cortex frontal et le cortex pariétal, essentiellement dans les parties latérales. Le réseau neuronal impliqué dans la perception interne, ou conscience de soi, correspond au réseau du mode par défaut, c'est-à-dire à l'activité enregistrée au repos, en l'absence de toute tâche cognitive volontaire. Cette activité concerne notamment le précuneus et le cortex mésiofrontal.

patients sont par exemple capables de répondre à un ordre verbal ou écrit, d'émettre des verbalisations intelligibles, de suivre visuellement du regard et de localiser des stimulations douloureuses (dites nociceptives). Ils présentent également des comportements émotionnels adaptés : ils sourient ou pleurent. Toutefois, ces réactions doivent être reproductibles pour que l'on puisse en conclure que l'action est volontaire. Les patients sont donc éveillés et leur conscience fluctue, mais ils restent incapables de communiquer pour exprimer leurs pensées.

Le pronostic de ces patients est meilleur que celui des patients en état d'éveil non répondant. Récemment, nous avons défini un état de conscience minimale « moins » et un autre état de conscience minimale « plus ». Le premier se caractérise par des signes primaires de conscience qui ne relèvent pas du langage (le sujet est, par exemple, capable de suivre des yeux un objet qu'on lui montre), alors que le second se définit par la présence d'une compréhension verbale, c'est-à-dire qu'il peut, par exemple, bouger un doigt si on le lui demande. Tout comme le syndrome d'éveil non répondant, l'état de conscience minimale peut être transitoire, chronique ou permanent.

Enfin, le syndrome locked-in, ou syndrome de verrouillage, d'enfermement ou pseudocoma, n'est pas à proprement parler un état de conscience altérée, mais peut facilement être confondu avec les entités mentionnées précédemment. Dans le coma, le sujet n'est pas éveillé et n'est pas conscient. Dans l'état non répondant, le sujet est éveillé, mais non conscient. Dans l'état de conscience minimale, il est éveillé et semble présenter une ébauche de conscience. Dans le syndrome locked-in, le sujet est éveillé et conscient. Ce syndrome se caractérise par une tétraplégie (paralysie des quatre membres) et une anarthrie (impossibilité d'articuler des sons) provoquées par une lésion au niveau du tronc cérébral : les connexions entre les voies neuronales motrices qui relient le cortex à la moelle épinière sont interrompues. Bien que ces patients ne puissent pas bouger, leurs sensations restent intactes et ils sont tout à fait conscients.

Le livre de Jean-Dominique Bauby *Le scaphandre et le papillon* et son adaptation cinématographique illustrent ce syndrome. Les mouvements des yeux représentent le principal moyen de communication,

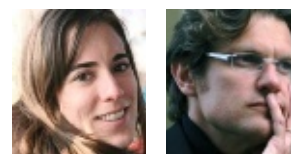
voire le seul. Parfois, l'extrémité d'un doigt peut également servir à communiquer. Mais, contrairement à ce que l'on croit généralement, la qualité de vie de ces personnes ne semble pas inférieure à celle de la population générale lorsqu'elle est évaluée d'après des questionnaires standards.

Dès lors, on mesure la difficulté d'évaluer le niveau de conscience de sujets présentant de graves lésions cérébrales, alors même que cette évaluation revêt une importance essentielle en raison des implications en termes de pronostic et de décisions thérapeutiques, mais également de décisions médico-légales et d'approches éthiques.

Comment évaluer le niveau de conscience ?

Même si l'évaluation comportementale reste la méthode de choix pour réaliser un diagnostic clinique, nous avons montré qu'elle n'est pas toujours facile à appliquer : nous avons mis en évidence la difficulté à laquelle le personnel soignant est

■ LES AUTEURS



Olivia GOSSE, chargée de recherche FNRS, est neuropsychologue dans le *Coma Science Group*, au Centre de recherches du cyclotron et Département de neurologie, à l'Université de Liège, en Belgique.

Steven LAUREYS, directeur de recherche FNRS, dirige le *Coma Science Group*.

Qu'est-ce que la conscience ?

Plusieurs théories de la conscience humaine postulent que la conscience émerge dans le cerveau grâce à un échange d'information caractérisé par une diffusion globale, à tout le réseau neuronal impliqué dans la conscience, et une intégration de cette information par ce réseau. Selon Stanislas Dehaene, qui dirige l'Unité de neuro-imagerie cognitive INSERM-CEA, et Lionel Naccache, à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, qui ont proposé une théorie de l'espace de travail neuronal global (*Global neuronal workspace*), l'information diffuse dans un espace neuronal global, comprenant les cortex fronto-pariétaux, ce qui permettrait l'émergence de l'état conscient.

Pour Giulio Tononi, de l'Université du Wisconsin, à Madison, et sa théorie de l'intégration de l'information, chaque expérience consciente doit

être, d'une part, différenciée, c'est-à-dire reconnaissable parmi une multitude d'autres expériences possibles, et, d'autre part, intégrée et unifiée, ce qui implique l'existence d'interactions causales au sein du cerveau. Cette théorie propose également une évaluation mathématique du niveau de conscience, qui devra être validée cliniquement. Si la connectivité au sein du cerveau est perturbée, on observe une perte de conscience, comme dans le sommeil profond, l'anesthésie, l'épilepsie et l'état d'éveil non répondant (aussi nommé état végétatif). Ces différents états présentent tous *in fine* un syndrome de déconnexion cérébrale.

D'un point de vue comportemental, la conscience reste toutefois difficile à évaluer chez les patients en état de conscience altérée, car, pour avoir accès à la conscience, il

faut pouvoir communiquer. Cette situation est similaire pour les nouveau-nés, les personnes âgées démentes et les animaux. Durant ces 20 dernières années, de nombreuses études ont cependant montré que la plupart des animaux sont dotés d'une conscience.

Par exemple, il a été montré que les chimpanzés apprennent à leur progéniture à fabriquer des outils pour casser des noix, tout comme les grands singes, les dauphins, les cochons, les éléphants et les pies se reconnaissent dans un miroir, test classique de la conscience de soi que les enfants réussissent vers l'âge de 18 mois.

Il semble donc, comme Darwin l'affirmait déjà, qu'entre la conscience chez l'homme et la conscience chez les autres espèces animales, il y ait plus une différence de degré qu'une différence de nature.

confronté lorsqu'il lui faut distinguer un comportement réflexe d'un comportement volontaire. On aboutit à des erreurs diagnostiques dans environ 40 pour cent des cas, quand le diagnostic est réalisé sans l'appui d'échelles standardisées fiables.

Une récente méta-analyse préconise l'utilisation de l'échelle de récupération du coma nommée *Coma Recovery Scale-Revised* mise au point par Joseph Giacino, aux États-Unis, en 2004, pour évaluer le niveau de conscience de ces patients. Cette échelle permet de rechercher systématiquement la présence de comportements non réflexes, par exemple des réponses volontaires faisant suite à une commande verbale. On peut aussi demander aux sujets de suivre du regard un objet qu'on leur présente. Toutefois, il est préférable de demander aux patients de suivre du regard un miroir dans lequel ils se voient que de suivre un objet quelconque. Ainsi, nous avons montré, dans une étude, que 29 pour cent des sujets auraient été diagnostiqués en état d'éveil non répondant sans l'utilisation du miroir (ils ne suivent pas un objet quelconque, mais suivent un miroir). Il est vraisemblable qu'ils sont plus attentifs, car ils se voient dans le miroir.

Ainsi, de très nombreuses expériences confirment que des sujets non répondants ou dans un état de conscience minimale présentent, quand on utilise des méthodes appropriées, plus de signes de conscience que ne le laissent penser les tests classiques d'évaluation de la conscience. Par ailleurs, divers facteurs compliquent encore le diagnostic, mais doivent être pris en compte lors de l'évaluation clinique de la conscience : l'effet sédatif de certains médicaments, la présence d'infections et les complications médicales. Malgré des examens cliniques réalisés dans les meilleures conditions possibles, on peut sous-estimer l'état de conscience de certaines personnes, parce que nous devons nous contenter d'observer les comportements moteurs en réaction à des stimulus extérieurs, et qu'il est impossible d'avoir accès à la conscience interne des patients qui ne communiquent pas.

C'est pourquoi les techniques de neuro-imagerie sont de plus en plus utilisées, car non seulement elles permettent d'évaluer l'étendue des lésions structurales cérébrales, mais aussi de mesurer l'activité cérébrale au repos, lors de stimulations sensorielles et pendant des

tâches d'imagerie mentale. Nous allons voir pourquoi l'imagerie cérébrale pourrait aider les cliniciens et les chercheurs à préciser l'état de conscience des personnes qui sortent du coma.

L'apport de la neuro-imagerie

Pour évaluer les lésions structurales, on utilise diverses méthodes d'imagerie. L'imagerie par résonance magnétique par tenseur de diffusion a révélé des altérations étendues de la substance blanche dans le cerveau des patients en état de conscience altérée. On a également observé des lésions sous-corticales et thalamiques de la substance blanche plus importantes chez les sujets en état d'éveil non répondant que chez les patients en état de conscience minimale.

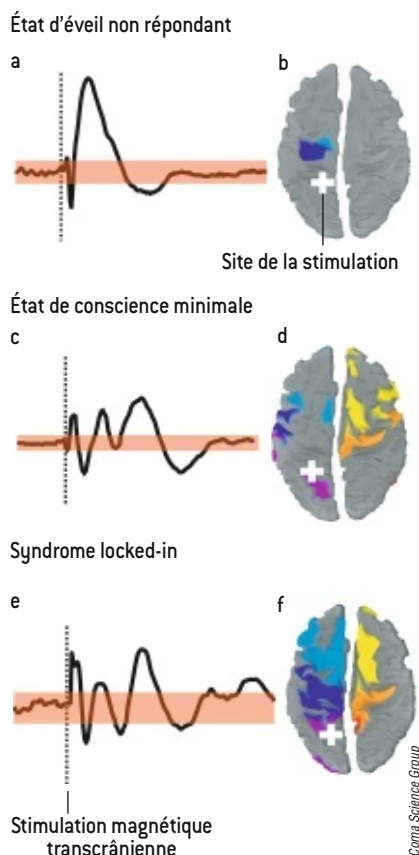
Par ailleurs, l'équipe de Nicholas Schiff, à la Faculté de médecine Weill Cornell, à New York, a constaté chez un patient ayant émergé de l'état de conscience minimale après 19 ans une repousse des axones (qui constituent la substance blanche) au niveau du précuneus (dans le cortex pariétal). Le précuneus est une aire cérébrale impliquée notamment dans les processus cognitifs de haut niveau, qui semble en outre jouer un rôle important dans la conscience.

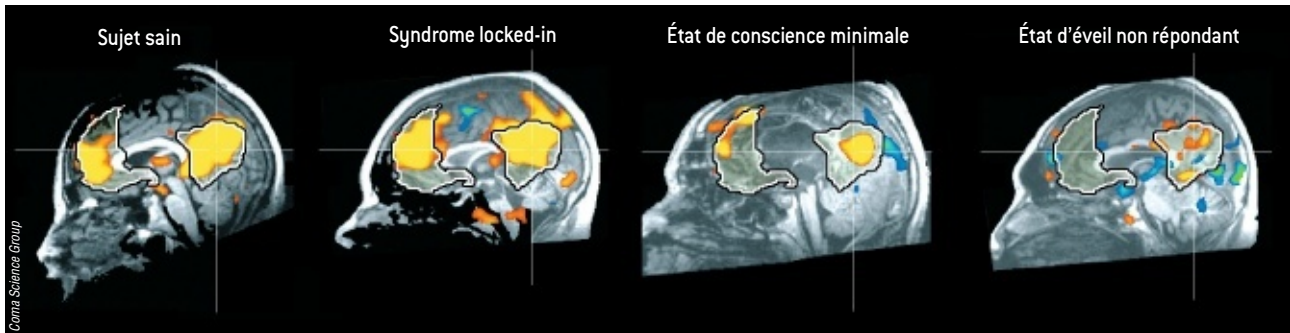
Pour préciser le rôle du précuneus, les neuroscientifiques utilisent la tomographie par émissions de positons, TEP, et l'IRM fonctionnelle. Les premières études réalisées au moyen de la TEP ont montré que le métabolisme cérébral diminue notablement chez les patients en état de conscience altérée (rappelons que la TEP utilise un marqueur radioactif qui permet de mesurer la consommation du glucose, ce qui reflète l'activité du cerveau). Il a ensuite été montré que ces patients présentent plus particulièrement un déficit métabolique dans le réseau fronto-pariétal et le thalamus alors que les structures sous-corticales et le tronc cérébral restent relativement préservés.

Des études chez des sujets sains éveillés, durant le sommeil et au cours d'une anesthésie générale, ont également confirmé le rôle du réseau fronto-pariétal dans la genèse de la conscience. Au sein de ce réseau, le précuneus semble jouer un rôle primordial, notamment car c'est la région la plus endommagée chez les patients en état de conscience altérée. De



2. LA TMS, ou stimulation magnétique transcrânienne, donne des profils d'activation différents selon l'état de conscience. Chez un sujet en état d'éveil non répondant, on observe une brève activation juste après la stimulation (*a*), mais elle disparaît rapidement et reste très localisée (*b*, en bleu). Dans l'état de conscience minimale, l'activité électrique se prolonge dans le temps (*c*), et se propage plus loin (*d*). Dans le syndrome locked-in, l'activité se prolonge encore plus (*e*) et se propage dans tout le cerveau (*f*). Ce dernier profil d'activation cérébrale par la TMS est identique à celui d'un sujet sain.





3. LE RÉSEAU DU MODE PAR DÉFAUT reflète l'activité cérébrale spontanée (*en jaune*), sans stimulus externes. Chez les sujets sains, ce réseau est généralement entièrement activé. Chez les sujets présentant un syn-

drome locked-in, l'activation est identique à celle d'un sujet sain. Le réseau est moins activé chez les sujets en état de conscience minimale, et l'activité est quasi nulle chez les personnes en état d'éveil non répondant.

surcroît, nous avons pu suivre un patient en état d'éveil non répondant chez qui il n'y avait plus de connexions entre le réseau fronto-pariétal et le thalamus. Quand il a recouvré la conscience, nous avons observé ces connexions réapparaître.

La stimulation profonde du thalamus

Ainsi, les connexions entre le cortex, le thalamus et le tronc cérébral seraient indispensables à la conscience. Une étude réalisée par N. Schiff et ses collègues, l'a confirmé : chez un patient en état de conscience minimale, ils ont implanté une électrode profonde dans le thalamus de chaque hémisphère, et y ont fait passer un courant électrique.

Cette stimulation cérébrale profonde a stimulé la reconnexion du thalamus et du cortex cérébral, et a permis au sujet de prononcer des phrases plus intelligibles. La méthode est certes invasive, puisqu'elle nécessite l'implantation d'électrodes profondes, mais ce type de stimulation donne de bons résultats dans le traitement de certaines pathologies (la maladie de Parkinson, par exemple) et semble efficace chez certains patients en état de conscience modifiée.

Plus récemment, les neuroscientifiques se sont intéressés au réseau du mode par défaut : il représente l'activité de notre cerveau quand nous sommes éveillés, mais au repos, et est inhibé au moment où nous réalisons des tâches précises. Ce réseau semble impliqué dans les processus internes tels que les pensées spontanées, le discours intérieur, la mémoire épisodique et les représentations de soi. Il comprend notamment le précuneus, les jonctions temporo-pariétales et le cortex préfrontal.

Avec nos collègues, nous avons montré que ce réseau du mode par défaut est inactif chez les personnes en état de mort cérébrale et peu actif chez les sujets en état d'éveil non répondant. Les patients en état de conscience minimale montrent quant à eux une activité cérébrale similaire à celle observée chez les sujets contrôles, mais une connectivité fonctionnelle plus importante du précuneus avec les autres aires cérébrales que les sujets en état d'éveil non répondant. Ces données ont été confirmées récemment par une étude en tomographie par émission de positons réalisée dans notre équipe : le niveau de conscience augmente avec l'activité de ce réseau.

La stimulation magnétique transcrânienne combinée à l'électroencéphalographie est une autre technique qui permet de stimuler le cerveau et d'enregistrer directement l'activité électrique qui en découle. Cette nouvelle méthode nous a permis très récemment, en collaboration avec l'équipe de Marcello Massimini et de Mario Rosanova, de l'Université de Milan, de distinguer des patients en état d'éveil non répondant et d'autres en état de conscience minimale. Chez les premiers, l'activité cérébrale déclenchée par la stimulation était toujours la même (identique aux ondes lentes enregistrées durant le sommeil), disparaissait rapidement et restait localisée au site de stimulation.

Ce résultat suggère que ces patients présentent un syndrome de déconnexion cérébrale. En revanche, chez les patients en état de conscience minimale, l'activation initiale enregistrée sur le site de stimulation est suivie d'une séquence complexe d'ondes cérébrales qui se propagent aux aires corticales adjacentes, comme on l'observe chez les patients présentant un syndrome locked-in (*voir la*

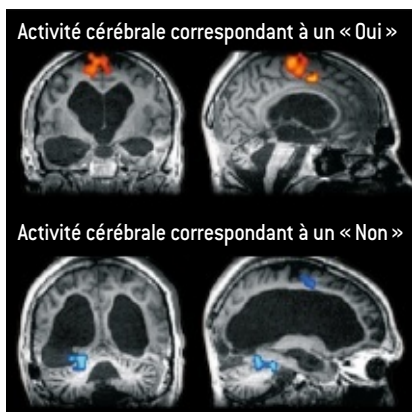
figure 2). Chez tous les patients qui récupèrent progressivement une conscience normale, on observe un rétablissement d'interactions cérébrales rapides et à longue distance.

Les études réalisées en tomographie par émission de positons et en IRMf ont montré qu'en réponse à des stimulus externes (auditif, visuel ou tactile), les personnes en état d'éveil non répondant présentent une activité cérébrale uniquement dans les cortex sensoriels primaires. Ces îlots d'activation sont déconnectés de l'ensemble du réseau fronto-pariétal. Toutefois, d'autres études ont révélé que certains patients en état d'éveil non répondant présentent une activation cérébrale étendue jusqu'aux cortex associatifs multimodaux. Ce schéma d'activation laisse présager une évolution favorable pour le patient, et s'observe souvent chez les patients en état de conscience minimale.

Le rôle essentiel des connexions à longue distance

Au moyen de l'électroencéphalographie, qui présente une meilleure résolution temporelle, nous avons constaté des anomalies des connexions cérébrales rétrogrades (allant du cortex frontal au cortex temporal), chez les patients en état d'éveil non répondant à qui l'on fait entendre des sons simples. En revanche, les réponses cérébrales des patients en état de conscience minimale sont similaires à celles mesurées chez les sujets contrôles.

Les patients en état de conscience minimale semblent donc percevoir les stimulations auditives, visuelles et nociceptives alors que l'activation cérébrale observée



Coma Science Group

4. POUR COMMUNIQUER avec un patient en état de conscience minimale, on commence par lui demander d'imaginer qu'il joue au tennis (*en haut, l'aire motrice supplémentaire s'active*) ou qu'il se promène chez lui (*en bas, l'hippocampe s'active*) et l'on enregistre l'activité cérébrale correspondante. Ensuite, on lui dit que, pour répondre « Oui » à une question, il doit s'imaginer jouer au tennis ; et pour répondre « Non », il doit imaginer qu'il se déplace chez lui. En suivant son activité cérébrale par IRM, on peut savoir quelles sont ses réponses aux questions qu'on lui pose.

chez la majorité des patients en état d'éveil non répondant ne semble pas suffisante pour déclencher une conscience des stimulus externes. Comment mettre en évidence une telle perception des stimulus extérieurs chez les sujets en état de conscience minimale ? Pour ce faire, nous avons utilisé l'IRM fonctionnelle et des tâches simples d'imagerie mentale.

En collaboration avec l'équipe de Adrian Owen de l'Université de Cambridge, nous avons demandé à 54 patients en état de conscience altérée, d'une part, de s'imaginer en train de jouer au tennis et, d'autre part, de s'imaginer parcourir les pièces de leur maison alors que leur activité cérébrale était enregistrée par IRM. Cinq d'entre eux ont montré une activité cérébrale cohérente avec les tâches demandées (activation du cortex prémoteur lors de l'imagerie motrice et du cortex parahippocampique lors des déplacements mentaux dans l'espace). Pourtant deux de ces cinq personnes n'avaient jamais montré aucun signe comportemental de conscience.

Répondre sans geste ni parole

Ce modèle a ensuite été adapté : après avoir enregistré l'activité cérébrale correspondant à ces deux tâches mentales (*voir la figure 4*), on demandait au sujet de s'imaginer jouer au tennis pour répondre « Oui » à une question et de s'imaginer parcourir sa maison pour répondre « Non ». Le patient étudié qui était en état de conscience minimale a ainsi pu répondre correctement à des questions en modulant son activité cérébrale.

Une autre récente étude utilisant l'électroencéphalographie a également permis de montrer que trois patients diagnostiqués en état d'éveil non répondant présentaient une activité cérébrale particulière quand on leur demandait de s'imaginer en train de serrer le poing ou de bouger les orteils. Ainsi, on a détecté une activité cérébrale spécifique en réponse à une commande particulière. Le niveau de conscience de ces patients diagnostiqués en état d'éveil non répondant a été revu. Comme les dispositifs permettant ces examens par électroencéphalographie sont transportables, on peut imaginer les utiliser pour déterminer l'état de conscience d'un patient accidenté.

Ces données permettront de prendre des décisions plus pertinentes en

matière d'évaluation de l'état du sujet, de traitement, voire d'arrêt des soins. Les résultats obtenus en neuro-imagerie suscitent quelques considérations concernant la pratique clinique. D'une part, nous devons être prudents lorsque nous nous adressons aux patients ou à l'entourage, puisqu'ils sont potentiellement conscients. D'autre part, nous devons envisager d'administrer un traitement analgésique à ces patients, s'ils présentent un comportement traduisant un inconfort. Nous avons récemment proposé une échelle de nociception (*Nociception Coma Scale Revised*) pour évaluer les signes de douleur chez ces sujets incapables de communiquer après un coma.

De plus, les nouvelles technologies nous conduisent à remettre en question le diagnostic reposant uniquement sur des comportements observés, car certains patients sont capables de montrer qu'ils sont conscients et même de communiquer par l'intermédiaire des techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle. C'est pourquoi, notre groupe propose des bilans diagnostiques, pronostiques et thérapeutiques d'une semaine au Centre hospitalo-universitaire de Liège, en Belgique, pour les patients en état de conscience altérée. Nous essayons d'identifier le niveau de conscience de ces patients, et, s'ils présentent des signes de conscience, nous cherchons un moyen de communication fiable avec eux pour qu'ils puissent exprimer leurs émotions et leurs souhaits, mais aussi pour déterminer leur qualité de vie. L'étape suivante consistera à définir leurs compétences en termes de décisions concernant leur avenir.

Par ailleurs, l'étude de ces patients présente également un intérêt scientifique dans l'élucidation des corrélats neuronaux de la conscience humaine. La conscience ne semble pas être binaire, c'est-à-dire un phénomène de tout ou rien, mais présenterait plutôt une continuité non linéaire avec des transitions, comme observé chez les patients en état de conscience altérée. Qui plus est, aujourd'hui, grâce à la neuro-imagerie, on perçoit des signes d'une conscience que les évaluations précédentes ne mettaient pas au jour. Ces évolutions nous obligeront sans doute à redéfinir les états de conscience. Comme à cela s'ajoute la possibilité de stimuler le thalamus pour réveiller la conscience, le champ de la conscience présente des frontières sans cesse repoussées. ■

■ SUR LE WEB

www.comascience.org
www.cyclotron.ulg.ac.be

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Rosanova *et al.*, Recovery of cortical effective connectivity and recovery of consciousness in vegetative patients, *Brain*, vol. 135 [Pt 4], pp. 1308-1320, 2012.

M. Boly *et al.*, Preserved feedforward but impaired top-down processes in the vegetative state, *Science*, vol. 332 [6031], pp. 858-862, 2011.

S. Laureys *et al.*, Unresponsive wakefulness syndrome : a new name for the vegetative state or apallic syndrome, *BMC Medicine*, vol. 8, p. 68, 2010.

M. Monti *et al.*, Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness, *New England Journal of Medicine*, vol. 362 [7], pp. 579-89, 2010.

ACTUELLEMENT EN KIOSQUE

et sur www.pourlascience.fr/editionsnumeriques



Dossier Pour la Science n° 77

Kant déplorait l'absence d'un « Newton du brin d'herbe », mais ce serait supposer que des lois simples suffiraient à rendre compte de la fantaisie du monde végétal ! Imaginez des plantes qui ont besoin du feu pour fleurir, des plantes presque carnivores, des plantes à « sang chaud »... Le monde végétal fait preuve d'une inventivité sans limite que ce dossier vous invite à découvrir.

Parution de octobre/décembre 2012 – Prix : 6,95 €

Cerveau & Psycho n° 54

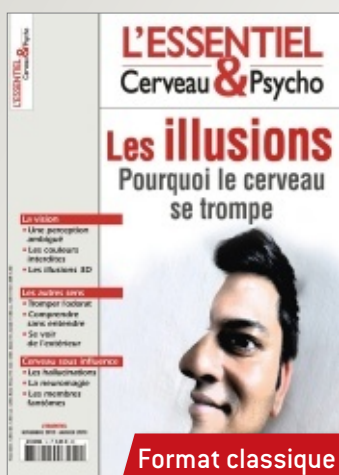
Le développement du langage chez l'enfant est un perpétuel sujet d'étonnement. Chez beaucoup, c'est une progression « normale ». Chez d'autres, un des maillons de cette chaîne complexe se grippe. Alors, l'orthophoniste intervient, mettant en œuvre un apprentissage adapté en fonction de l'âge et du handicap du patient.

À lire également dans ce numéro, le décryptage psychologique de *The Dark Knight Rises* ; L'âge de raison existe-t-il ? ; Les gorilles parlent « bébé », etc.

Parution de novembre/décembre 2012 – Prix : 6,95 €



Format classique
ou pocket



Format classique
ou pocket

L'Essentiel Cerveau & Psycho n° 12

Vision, audition, odorat, toucher... Tous nos sens sont les jouets d'illusions ! Découvrez notamment dans ce numéro les mécanismes des trompe-l'œil ; les couleurs interdites ; pourquoi le temps s'étire ou file selon notre humeur ; comment la magie trompe le cerveau, etc. Si ces anomalies de perception font notre plaisir, elles inspirent également les neuroscientifiques qui étudient le fonctionnement du cerveau lésé.

Parution de novembre 2012/janvier 2013 – Prix : 6,95 €

■ POUR LA
SCIENCE