

ils étudient certaines lésions cérébrales pour déterminer leurs conséquences et en déduire la fonction des régions lésées.

Ainsi, c'est en examinant les « pertes » de conscience dont sont parfois victimes les personnes souffrant d'épilepsie que nous pouvons en partie comprendre le fonctionnement normal de la conscience. Nous avons en effet établi un lien entre deux types de crises d'épilepsie et la conscience, car ces crises ont pour conséquence une perte de la mémoire du présent et du contrôle volontaire des intentions.

Nous verrons que certains patients ayant des crises dites du lobe temporal perdent la mémoire du présent. Or cette dernière permet à l'homme d'utiliser le passé immédiat et d'anticiper le futur proche. Elle assure une continuité de la perception de soi et du monde qui nous entoure, c'est-à-dire de la conscience : chez ces patients, la composante temporelle de la conscience disparaît momentanément. Dans d'autres cas, pendant les crises nommées absences, le contrôle volontaire des intentions est perturbé. Le sujet n'a alors plus conscience de ce qu'il fait pendant quelques secondes, mais après la crise, il reprend son activité là où il l'avait arrêtée. Cette composante de la conscience est liée à l'intentionnalité, à savoir le fait d'agir volontairement dans un but précis.

Un débat classique en neurosciences est de savoir si les fonctions psychologiques, telles que la mémoire spatiale et le raisonnement, sont localisées dans des régions spécifiques du cerveau ou si elles naissent de l'activité globale du cerveau. Grâce aux techniques de neuro-imagerie telles que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou l'électroencéphalographie dite à haute densité (dEEG pour *dense-array electroencephalography*), il est désormais admis que de nombreuses tâches cognitives sont localisées dans des régions spécifiques du cerveau. En revanche, la conscience nécessite une diffusion globale de l'information dans de vastes réseaux de neurones. Dans ces conditions, existe-t-il malgré tout des régions spécifiques ?

Pour comprendre comment des fonctions psychologiques naissent de réseaux neuronaux, nous devons nous appuyer sur les modèles développés en intelligence artificielle. Ces derniers illustrent des principes de représentation répartie de l'information, proches d'une activité cérébrale d'ensemble. Un principe fondamental, nommé connexionnisme, sti-

pule que l'information est représentée dans les connexions entre neurones, et non dans les neurones. Un réseau serait formé d'unités simples – des groupes de neurones – interconnectées. De fait, les théoriciens en neuropsychologie ont créé de nouveaux concepts pour lier les caractéristiques complexes de l'esprit humain aux propriétés physiques et électriques des réseaux cérébraux.

La conscience émerge de vastes réseaux

Par exemple, Giulio Tononi, à l'Université du Wisconsin, et Christoph Koch, à l'Institut de technologie de Californie, ont développé une théorie selon laquelle la conscience émergerait de vastes réseaux englobant les deux hémisphères cérébraux. Un nombre considérable de connexions neuronales seraient alors actives en même temps, et G. Tononi et Ch. Koch énoncent que la conscience naîtrait de cette activité globale des connexions.

Qu'apportent les crises d'épilepsie à l'étude de la conscience ? Ces phénomènes pathologiques résultent d'une activité électrique anormale de certaines régions cérébrales qui perturbent le fonctionnement d'autres parties du cerveau ; ils mettent donc en évidence l'étendue des réseaux neuronaux. La façon dont les crises d'épilepsie se transmettent à certains réseaux et pas à d'autres indiquerait comment des ensembles dynamiques de neurones peuvent être formés dans des réseaux anatomiques différents. Ce qui permettrait de repérer certaines composantes fonctionnelles de la conscience. Mais voyons d'abord l'anatomie de ces réseaux neuronaux.

Chez l'homme, les opérations mentales résultent de l'organisation du cerveau des vertébrés, où les structures récentes sont empilées sur des structures plus primitives. Le cortex cérébral dépend du circuit principal du télencéphale sous-cortical, qui inclut notamment le système limbique, un ensemble de structures impliquées entre autres dans le traitement des émotions. Ces systèmes télencéphaliques reposent à leur tour sur le thalamus et l'hypothalamus dans le diencéphale, qui se trouve au sommet du tronc cérébral (voir l'encadré page 43). Les fonctions du diencéphale sont soutenues par les structures du tronc cérébral, qui régulent des aptitudes primitives et autonomes, mais essentielles, telles que la respiration, les battements du cœur et l'éveil.

L'ESSENTIEL

- ✓ Les neuroscientifiques cherchent les régions cérébrales sous-tendant la conscience ; pour ce faire, ils étudient certaines crises d'épilepsie qui s'accompagnent d'une altération de la conscience.
- ✓ Les crises du lobe temporal s'étendent dans les réseaux cortico-limbiques et engendrent une perte de la mémoire du présent.
- ✓ Les absences concernent les circuits fronto-thalamiques et perturbent le contrôle volontaire des intentions.
- ✓ Ces deux capacités seraient des composantes de la conscience.

© Shutterstock/Sebastian Kaufitzki

CERTAINES CRISES D'ÉPILEPSIE, dues à l'activation brutale et anormale d'un grand nombre de cellules nerveuses (ou « orage cérébral »), engendrent des « pertes » de conscience.

On peut estimer le moment où apparaissent les crises, et localiser l'activité associée dans des régions spécifiques du cerveau. Ces données permettent aux scientifiques d'identifier certains réseaux cérébraux nécessaires à la conscience.

DIFFÉRENTES CRISES D'ÉPILEPSIE

Les crises d'épilepsie résultent d'une activité électrique anormale de certaines régions cérébrales qui perturbent le fonctionnement d'autres parties du cerveau. Les crises dites du lobe temporal peuvent provenir de l'hippocampe ou du cortex temporal latéral (à gauche, en rouge). Ces crises sont souvent suivies d'une perte de conscience ou d'un état « rêveur ». Les attaques durent une ou deux minutes, mais la désorientation peut se prolonger plusieurs heures et une perte de mémoire peut apparaître. Les absences, quant à elles, concernent davantage les enfants et proviennent du lobe frontal (à droite en rouge) ; elles peuvent apparaître des dizaines de fois par jour, et commencent et se terminent brusquement. Une fois la crise terminée, le sujet retrouve son activité normale.



CRISE DU LOBE TEMPORAL

- Associée à une confusion ou à une perte totale de la conscience ;
- Les automatismes sont fréquents : claquement de la langue, mastication, clignement des yeux, mouvements des bras et des jambes ou attitudes stéréotypées, mouvements des doigts inhabituels ;
- Le patient peut parler ;
- Le patient peut s'écrouler s'il est debout quand la crise survient ;
- La durée typique est de deux minutes ;
- Une perte de mémoire plus ou moins longue peut suivre la crise.

ABSENCE

- Perte de conscience ;
- Souvent associée à de petits mouvements du visage ou des battements de paupières ;
- Toute activité volontaire cesse, mais il n'y a pas de perte du tonus musculaire ;
- Pas de mouvement inhabituel ;
- La durée typique de chaque absence est inférieure à dix secondes ;
- Touche surtout les enfants (les deux tiers sont des filles), à un âge compris entre deux et dix ans avec un pic vers cinq à six ans.

Stephanie Fresse

Certaines personnes souffrant d'épilepsie présentent des crises dites tonico-cloniques ou convulsions. C'est la forme la plus grave d'une crise d'épilepsie. Elle peut s'étendre à toute l'organisation du cerveau (télencéphale, diencéphale et mésencéphale), et a montré que les réseaux neuronaux les plus récents sont imbriqués dans des réseaux plus primitifs.

Toutefois, certaines crises concernent uniquement le diencéphale et le télencéphale. Celles qui ne s'étendent pas sont dites partielles. Si elles perturbent la conscience, ce sont des crises partielles complexes. Ces crises concernent notamment les réseaux limbiques des hémisphères cérébraux, centrés sur le lobe temporal médian (sur la face interne de chaque hémisphère à la hauteur des tempes) ; c'est pourquoi lorsque l'épilepsie implique des crises partielles, elle est souvent désignée sous le nom d'épilepsie du lobe temporal. C'est la forme d'épilepsie la plus courante chez les adultes.

Pour comprendre pourquoi les réseaux limbiques ont tendance à engendrer des crises d'épilepsie, des chercheurs ont déclenché des crises chez l'animal en stimulant électriquement certaines régions corticales. Ils ont montré que la réactivité des réseaux limbiques dans l'épilepsie traduit une forte excitabilité électrophysiologique, voire fonctionnelle, des aires concernées.

En effet, les réseaux limbiques sont très réactifs aux événements se déroulant n'importe où dans l'hémisphère cérébral, car ils occupent une position centrale... et ont un rôle central. Deepak Pandya et ses collègues, de l'Université de Boston aux États-Unis, ont étudié la connectivité du cortex cérébral des primates. Ils ont montré que la densité des connexions entre les aires corticales (par exemple, la connexion entre des aires primaires auditives et visuelles) augmente près du système limbique.

Le cerveau limbique

Les structures limbiques constituent les réseaux d'intégration essentiels des hémisphères cérébraux, que ce soit pour l'intégration sensorielle dans le cerveau postérieur ou pour l'organisation motrice dans le cerveau antérieur. Cette architecture expliquerait pourquoi les crises d'épilepsie ont tendance à impliquer les structures limbiques : ces dernières se trouvent au cœur de la connectivité du cortex.

La signification fonctionnelle de cette architecture est illustrée par le rôle de l'interaction cortico-limbique dans la formation des souvenirs. La mémorisation résulte de l'interaction des réseaux néocorticaux (la couche la plus externe des hémisphères cérébraux), par exemple ceux qui

contrôlent les fonctions sensorielles ou motrices, avec les réseaux limbiques, au centre du cerveau. Des preuves provenant d'études cliniques sur l'homme et d'expériences sur l'animal ont montré que si les connexions entre le néocortex – par exemple le cortex auditif – et le cortex limbique (le cortex cingulaire et le cortex orbitofrontal) sont interrompues, les souvenirs concernés – par exemple la mémoire des sons – ne sont pas formés. Des souvenirs antérieurs peuvent être rappelés (selon la gravité de la lésion cérébrale), mais de nouveaux souvenirs ne peuvent être créés.

En conséquence, les souvenirs ne sont pas localisés en un endroit précis, mais sont répartis dans de multiples réseaux, comprenant le cortex limbique, le cortex associatif (des régions du cortex impliquées dans des opérations complexes de traitement de l'information) et le cortex primaire (par exemple le cortex auditif). En outre, pour former un souvenir, un mécanisme physiologique, nommé consolidation, est nécessaire pour que la perception d'un événement engendre des réactions dans le cortex limbique. Ces réactions sont alors renvoyées (on ignore comment) pour stimuler la trace mnésique, qui est répartie dans les réseaux cortico-limbiques.

Les réseaux limbiques sont aussi impliqués dans la motivation. Leur rôle dans la consolidation mnésique serait de faire en sorte que les expériences motivantes soient retenues en mémoire. Mais cette excitabilité des circuits limbiques qui les fait « résonner » avec des expériences significatives les rendrait également plus sensibles aux crises d'épilepsie.

Nous l'avons déjà mentionné, l'épilepsie chez l'homme implique souvent les réseaux temporo-limbiques. Certains chercheurs pensent même que les crises d'épilepsie répétées progresseraient toujours vers la région temporale, quelle que soit leur origine dans le cortex. Chez l'animal, on a stimulé électriquement et de façon répétée une région du néocortex ; la première stimulation ne provoquait qu'une décharge locale, mais les stimulations ultérieures amplifiaient la réponse, qui conduisait à des décharges diffuses, semblables à celles d'une crise d'épilepsie. Et quel que soit le lieu de départ de cette amplification, ces décharges avaient tendance à se propager vers le système limbique.

Il y a quelques années, l'équipe de Jerri Janowski, de l'Université des sciences et