

de la santé de l'Oregon, à Portland, aux États-Unis, a découvert une association entre cette amplification électrique et l'apprentissage. Elle a montré chez l'animal que les crises pouvaient être conditionnées ou apprises *via* une association avec un stimulus sensoriel, tel un son. La « résonance » limbique impliquée dans le déclenchement d'une crise d'épilepsie semble similaire, voire identique, à celle participant à la consolidation d'un souvenir.

## La mémoire du présent

Si les crises du lobe temporal perturbent les réseaux de la mémoire, qu'arrive-t-il à la mémoire d'une personne après une crise ? Le sujet présente une amnésie rétrograde : la perte de la mémoire touche les minutes ou même les heures qui ont précédé la crise. À cause de cette perte de la mémoire récente, la personne est désorientée et incapable d'agir de façon cohérente. Elle ignore où elle se trouve et ce qui s'est passé. C'est ainsi que l'on a identifié un facteur clé de la conscience, la cohérence temporelle.

Étant donné le rôle des réseaux temporo-limbiques dans la mémoire, on peut s'attendre à ce que les crises qui affectent le plus ces circuits provoquent une perte importante de la mémoire récente. Dan Drane, de l'Université de Washington, et ses collègues ont montré que c'est effectivement le cas : les crises du lobe temporal modifient la mémoire récente de façon plus importante que les autres types de crises.

Nous pensons que ce trouble de la mémoire récente accompagnant les crises du lobe temporal fournit un indice neurophysiologique d'un aspect important de la conscience : la mémoire du présent. Sans la continuité de cette mémoire et la capacité associée d'anticiper le futur immédiat, la dimension temporelle de la conscience se dissout. Imaginez que vous ne vous souveniez pas de ce qui s'est passé il y a une seconde. Êtes-vous encore conscient ? Certes, vous êtes conscient de cette seconde précise, et vous pourriez soutenir que la conscience immédiate est préservée. Toutefois, une certaine portée « historique » de la prise de conscience est nécessaire, et sans elle, la « temporalité » de la conscience disparaît.

Admettant que les réseaux limbiques de la mémoire sont nécessaires pour que le lobe frontal puisse planifier les actions futures, le neuroscientifique suédois David

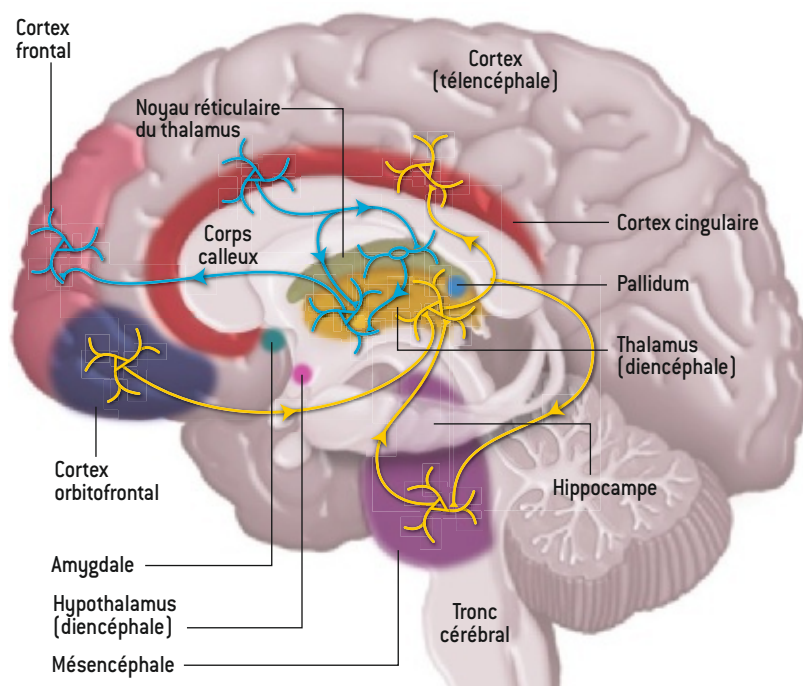
Ingvar décrivait cette planification comme « la mémoire du futur ». De même, constatant que les hémisphères cérébraux s'articulent autour des réseaux limbiques, le biologiste américain Gerard Edelman a décrit la conscience comme « le présent remémoré ». Et en considérant que la conscience requiert à la fois le contexte de la mémoire récente et la projection d'événements dans le futur, nous suggérons que la mémoire du présent est une composante essentielle de la conscience.

Comme le montrent divers troubles de la conscience – les crises du lobe temporal, mais aussi les délires et les démences –, la perte de la mémoire du présent détruit le contrôle conscient de la cogni-

tion. Quand la mémoire récente « rétrécit », l'anticipation consciente du futur aussi. La mémoire du présent nous permet de nous repérer par rapport aux personnes, aux lieux et au temps. Nous projetons sans cesse les événements récents dans le futur proche, maintenant ainsi la continuité de notre mémoire.

Une analyse des effets des crises du lobe temporal fournit un nouvel aperçu de l'activité neuropsychologique qui coordonne la conscience dans le temps. Mais cet aperçu peut être précisé si l'on compare les crises du lobe temporal avec un autre trouble de la conscience – les absences – provoqué par un type de crises qui ne détériore pas la mémoire du présent.

## CONSCIENCE ET RÉSEAUX CÉRÉBRAUX



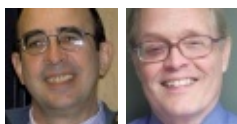
Les différentes divisions cérébrales (le mésencéphale, le diencéphale et le télencéphale) apparaissent au cours du développement dans un ordre qui suit les principales étapes du développement neuronal des vertébrés. Une coupe du cerveau humain adulte montre le cortex et le tronc cérébral, le thalamus et l'hypothalamus étant situés au centre. Le cortex dépend du circuit principal du télencéphale sous-cortical, qui inclut les circuits limbiques (les cortex cingulaire et orbitofron-

tal, l'amygdale, l'hippocampe) et ceux des ganglions de la base (le striatum et le pallidum entre autres). Et ces systèmes télencéphaliques sont liés à leur tour au thalamus et à l'hypothalamus dans le diencéphale. Les réseaux cortico-limbiques regroupent des structures diverses d'origine télencéphalique, diencéphalique et mésencéphalique qui sont interconnectées (*neurones jaunes*). On y distingue des structures sous-corticales (l'hypothalamus, des noyaux du thalamus, le mésent-

céphale) et le cortex limbique incluant le cortex orbitofrontal et le cortex cingulaire. En outre, un circuit nerveux complexe relie le cortex frontal et le thalamus (*neurones bleus*). Les projections thalamiques vers le cortex sont régulées par le noyau réticulaire du thalamus, lui-même contrôlé par le cortex frontal. L'existence de ce circuit fronto-thalamique s'est révélée importante pour interpréter l'activité de certaines crises épileptiques, où la conscience est altérée.

© Raphaël Quinquet

## LES AUTEURS



Don TUCKER est professeur de psychologie et directeur associé du Centre de neuro-informatique à l'Université de l'Oregon, aux États-Unis.

Mark HOLMES, professeur de neurologie à l'Université de Washington, dirige le Laboratoire de neurophysiologie électroencéphalographique et clinique au Centre médical Harborview de Seattle.

Article publié avec l'aimable autorisation de *American Scientist*

Bien qu'elles puissent se poursuivre à l'âge adulte, les crises d'absence touchent surtout les enfants. La conscience est momentanément perturbée : l'individu est « inerte », sans intention, et incapable d'effectuer la moindre action. Cependant, contrairement à la perte de conscience que l'on observe lors d'un évanouissement ou d'une commotion cérébrale par exemple, la personne ne s'effondre pas, semble être alerte et n'est pas désorientée. Durant la crise, le cerveau émet d'importantes décharges, dites à pointe-onde, d'après le motif qu'elles prennent sur l'électroencéphalogramme (voir l'encadré page ci-contre). Toutefois, juste après cette crise en général brève, la personne peut poursuivre son activité antérieure ou reprendre sa conversation là où elle s'était arrêtée (elle n'est pas désorientée dans le temps).

L'absence épileptique est donc une perturbation spécifique de la conscience qui n'engendre pas une altération de la mémoire. Or les absences impliquent des circuits neuronaux du thalamus et du lobe frontal. Ces derniers seraient essentiels au contrôle volontaire et intentionnel de la pensée et de l'action.

Plusieurs données suggèrent que des décharges anormales provenant du thalamus apparaissent durant les crises à pointe-onde chez les animaux et lors des absences épileptiques. Le thalamus est une sorte de passerelle vers le cortex cérébral, reliant les réseaux dédiés à diverses fonctions mentales. Excepté le sens de l'odorat, toutes les voies sensorielles et motrices entrent ou sortent du cortex *via* des relais thalamiques, et le thalamus est capable de bloquer la transmission dans ces relais.

Une structure particulière du thalamus, le noyau réticulaire du thalamus, est une couche cellulaire qui entoure la plus grande partie du thalamus, telle une coquille. Ce réseau inhibe les relais thalamo-corticaux. Mais les systèmes d'autorégulation du cerveau sont complexes : le noyau réticulaire thalamique est lui-même sous contrôle cortical, à partir de réseaux spécifiques du cortex orbitofrontal.

L'existence d'un réseau de contrôle du lobe frontal régulant les mécanismes thalamiques s'est révélée importante pour interpréter l'activité des absences épileptiques. En observant par électroencéphalographie à haute densité les décharges pathologiques lors des absences, nous avons découvert que, même si l'on pensait que ces décharges couvriraient de vas-

tes régions, les « pointes » étaient localisées : elles sont cantonnées aux réseaux orbitofrontaux qui régulent le thalamus. Elles traduisent donc une anomalie de l'activité physiologique des lobes frontaux, qui se propage en cascade le long des circuits fronto-thalamiques.

La décharge corticale affecterait le noyau réticulaire thalamique et le thalamus, et perturberait le contrôle thalamique du cortex lui-même. Cette boucle de rétroaction aboutirait à une décharge à pointe-onde. Comme les patients ne contrôlent plus leurs actes ou leurs pensées pendant une telle crise, quel est le lien entre cette « anatomie » des absences et les mécanismes de l'attention – le fait de concentrer ses ressources mentales sur un objet, un fait ou un individu – ou ceux de l'intention – le fait d'agir volontairement dans un but précis ?

## De l'attention à l'intention

Récemment, Basilis Zikopoulos et Helen Barbas, de l'Université de Boston, ont trouvé comment le lobe frontal contrôle les mécanismes thalamo-corticaux de l'attention ; ils ont montré que des voies provenant de réseaux frontaux sur la surface latérale atteignent les régions du noyau réticulaire qui contrôlent les noyaux sensoriels du thalamus. Ces circuits interviennent dans l'attention en permettant au thalamus de mettre en avant certaines données sensorielles tandis que d'autres restent en arrière-plan.

Cependant, les absences épileptiques n'engageraient pas ces réseaux frontaux latéraux qui régulent l'attention. En fait, nous avons découvert que les pointes de ces décharges concernent les pôles frontaux médians ; B. Zikopoulos et H. Barbas ont montré que ces réseaux sont connectés au noyau réticulaire thalamique, qui se projette sur les noyaux antérieurs du thalamus, nommés le thalamus limbique. Ce circuit fronto-thalamique, qui ne contrôle pas l'attention, participerait aux mécanismes de l'intention (ou de la motivation), qui reflètent les objectifs d'un individu.

Ainsi, nous pensons que la perte de conscience lors des absences traduit une altération d'un circuit fronto-thalamique essentiel au contrôle volontaire de l'intention. Ce n'est pas l'attention sélective pour un événement particulier qui est alors perturbée. Les absences épileptiques modifient une composante spécifique de la conscience,

## ✓ BIBLIOGRAPHIE

Dans le dédale des mémoires, *L'Essentiel Cerveau & Psycho*, n° 6, mai-juillet 2011.

S. Kouider, *Neurobiological theories of consciousness*, *Encyclopedia of Consciousness*, Elsevier, vol. 2, pp. 87-100, 2009.

G. Tononi et C. Koch, *The neural correlates of consciousness : an update*, *Annals of the New York Academy of Science*, vol. 1124, pp. 239-261, 2008.

D. M. Tucker et al., *Discharges in ventromedial frontal cortex during absence spells*, *Epilepsy and Behaviour*, vol. 11, pp. 546-557, 2007.

M. D. Holmes et al., *Are « generalized » seizures truly generalized ? Evidence of localized mesial frontal and frontopolar discharges in absence*, *Epilepsia*, vol. 45, pp. 1568-1579, 2004.