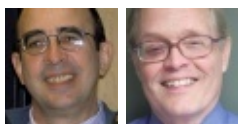


LES AUTEURS



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 couvraient 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.

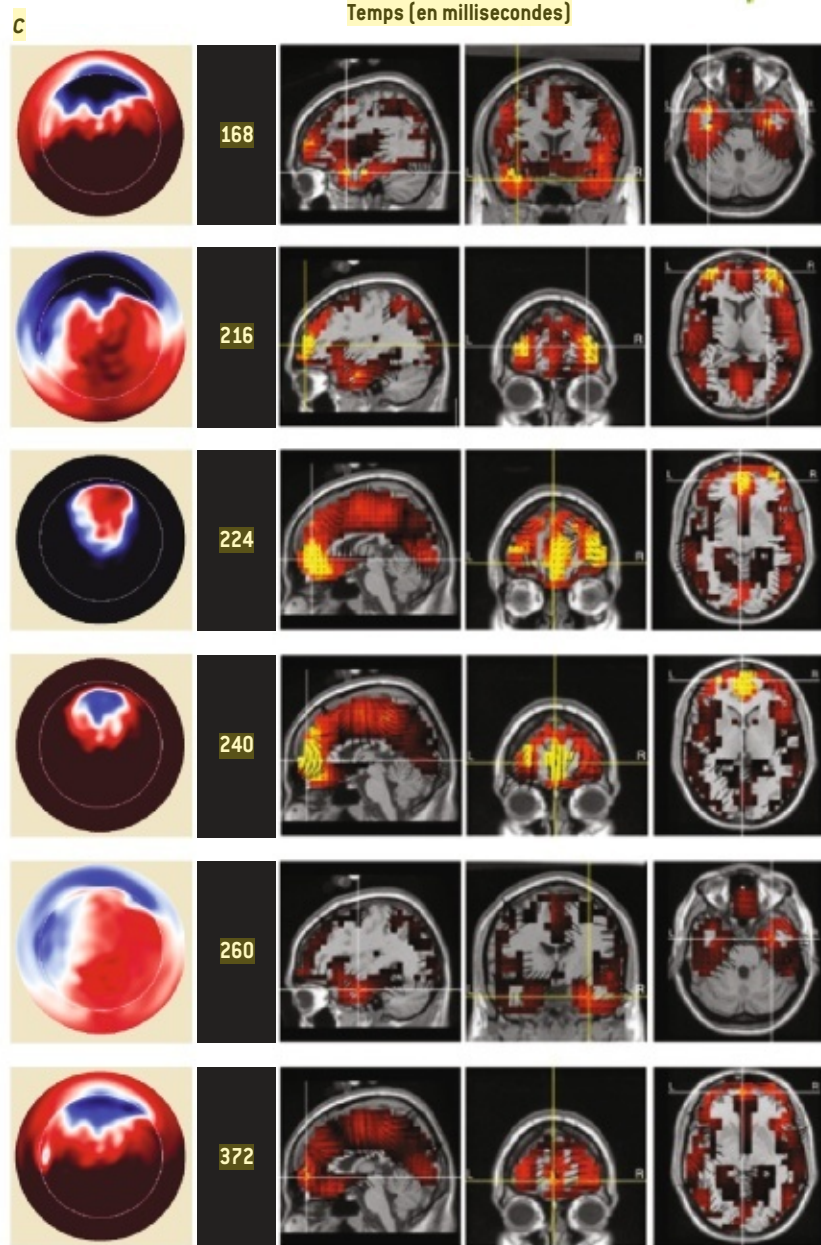
D. M. Tucker et al., *Discharges in ventromedial frontal cortex during absence spells*, *Epilepsy and Behaviour*, vol. 11, pp. 546-557, 2007.

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.

L'électroencéphalographie (EEG) à haute densité permet l'enregistrement de l'activité cérébrale en tout point de la surface du crâne au moyen de centaines d'électrodes (256 dans le dispositif présenté en a). Ces points fournissent un enregistrement précis des signaux électriques émis par le cerveau et permettent d'obtenir une bonne estimation de l'origine de ces signaux dans le cerveau, avec une résolution temporelle de l'ordre de la milliseconde. Ainsi, on peut localiser et étudier une crise d'épilepsie, par exemple les absences ou crises d'épilepsie dite à pointe-onde.

L'activité électrique associée à chaque phase d'une crise d'épilepsie à pointe-onde (b) est enregistrée par électroencéphalographie à haute densité. Une carte colorée de la surface du crâne est ensuite reconstruite : le rouge est un potentiel électrique positif, le bleu est négatif (c, à gauche). Comme la résolution spatiale de cette technique est assez faible (car les signaux sont recueillis sur le crâne), les sources des signaux sont « reconstruites » et l'on peut coupler la technique avec des images d'imagerie par résonance magnétique pour chaque intervalle de temps : on localise de cette façon l'activité cérébrale (c, à droite).

Ainsi, les absences épileptiques concernent les pôles frontaux (en jaune, intervalle 216 par exemple) et médians (intervalle 224 par exemple) du cerveau ; ces réseaux sont connectés au noyau réticulaire thalamique qui se projette sur les noyaux antérieurs du thalamus (intervalle 224 par exemple). Ce circuit fronto-thalamique participe aux mécanismes de l'intention (ou de la motivation), qui reflètent les objectifs d'un individu.



L'étude de la conscience : difficultés et progrès

La conscience est un domaine scientifique à part entière. Les chercheurs estiment qu'en étudiant les mécanismes neurophysiologiques et les structures cérébrales, ils comprendront comment et pourquoi on est conscient. Toutefois, il s'agit d'un domaine scientifique assez jeune qui a débuté il y a moins de 20 ans ; née de l'interaction de philosophes, psychologues et neuroscientifiques, l'étude de la conscience n'en est qu'à ses balbutiements, mais a déjà permis des progrès notables dans la caractérisation des liens entre cerveau et pensée.

Alors que parler de conscience était surtout réservé aux discussions métaphysiques, voire ésotériques, faire de celle-ci une science « sérieuse » n'a pas été facile. En effet, une approche neurobiologique de la conscience se doit de résoudre un problème difficile, celui de comprendre la relation entre états subjectifs et structures neuronales. Même s'ils adhèrent à cette approche rigoureuse, les chercheurs parlent encore de mécanismes neuronaux faisant « surgir » la conscience, d'« émergence » de la conscience ou encore du cerveau qui « crée » la conscience.

C'est un peu comme si la conscience s'apparentait à un esprit immatériel qui émergerait par magie du cerveau. Comme le remarquait le biologiste et philosophe britannique Thomas Huxley, il y a plus d'un siècle, considérer qu'un état de conscience puisse avoir lieu simplement en « excitant » des neurones est aussi déroutant qu'accepter qu'un Djin puisse surgir d'une lampe merveilleuse dans l'histoire d'Aladin. S'abstraire du dualisme de Descartes, où corps et esprit étaient dissociés, constitue encore l'un des défis majeurs en neurosciences cognitives.

Les neuroscientifiques ont cependant trouvé un moyen de lever cette difficulté intrinsèque à l'étude de la conscience. Sous l'impulsion de Francis Crick, codécouvreur de l'ADN, et de son étudiant Christoph Koch, une nouvelle approche dite des « corrélats neuronaux de la conscience » est apparue dans les années 1990. Celle-ci offre l'avantage de relier – ou corréler – les états subjectifs et les états mentaux, sans avoir à les fusionner ni même à établir de rapport de causalité. En conséquence, il s'agit de déterminer quelle est la différence

entre les processus neuronaux qui « corréler » et ceux qui « ne corréler pas » avec la conscience. On cherche donc les mécanismes ou événements neuronaux qui sont nécessaires et suffisants pour une expérience consciente. Pour ce faire, les scientifiques observent ce qui se passe dans le cerveau dans des situations dites conscientes, et les comparent à des situations dites non conscientes (lorsqu'il y a une perte de conscience par exemple).

Cette approche présente aussi l'avantage de s'abstraire d'une autre difficulté : l'absence de définition concrète de la conscience. En effet, nous ignorons comment et pourquoi nous sommes conscients. Cependant, nous savons « quand » la conscience est présente. Dès lors, en considérant la conscience comme une variable et en comparant des situations où elle est permise à celles, dites non conscientes, où elle disparaît, il est possible d'étudier à la fois sa spécificité fonctionnelle et ses caractéristiques neuronales. Les progrès techniques en imagerie par résonance magnétique et en électrophysiologie ont contribué à cette démarche, permettant aux scientifiques de vi-

sualiser directement le cerveau ou l'activité des neurones impliqués dans une tâche cognitive.

Aujourd'hui, ces travaux ont montré que, dans le cerveau, l'implication des régions sous-corticales et des régions corticales sensorielles (par exemple le cortex visuel) n'est pas suffisante pour qu'il y ait une expérience consciente de l'environnement. En revanche, la perception consciente mettrait surtout en jeu les régions frontales du cerveau et leurs interactions avec le cortex sensoriel, via une synchronisation des décharges neuronales (l'activité électrique de neurones est la même, en même temps). Il y a encore débat sur le fait de savoir si l'activation du cortex préfrontal est nécessaire et suffisante à l'établissement d'une expérience consciente ; mais aujourd'hui, on admet que la conscience dépend de l'activité simultanée de vastes réseaux de neurones ; elle reposerait sur une dynamique globale des connexions neuronales à longue distance dans le cerveau.

Sid Kouider,

Laboratoire de sciences cognitives et de psycholinguistique, École normale supérieure, Paris

l'intention, qui permet à différentes opérations mentales d'être regroupées en une expérience orientée vers un but.

Des fragments de conscience ?

Toutefois, lors des absences, la mémoire du présent reste intacte. Cela suggère un fractionnement de la conscience. Les crises du lobe temporal détériorent la mémoire du présent pendant longtemps, de sorte que même quand la conscience revient, elle est incomplète. Les absences perturbent la conscience en altérant la volonté d'agir, mais sans dégrader la continuité de la mémoire du présent ; la personne peut donc reprendre une conversation là où elle en était restée. En fractionnant la conscience, les absences soulignent bien la spécificité de ce qui est perdu (l'intention) et de ce qui est conservé (la mémoire du présent).

Les altérations de la conscience apparaissant lors des crises d'épilepsie peuvent

fournir des indices sur les mécanismes qui relient la conscience aux réseaux corticaux. La conscience du présent dans un contexte donné nécessite le fonctionnement de réseaux cortico-limbiques. D'ailleurs, quand un patient semble confus, les médecins et les psychologues utilisent un test clinique de compétence mentale qui évalue la conscience du présent. Le praticien teste la perception qu'a le sujet de lui-même (« Quel est votre nom ? »), du lieu (« Pouvez-vous me dire où vous vous trouvez ? ») et du temps (« Quel jour sommes-nous ? »). En effet, un délire peut obscurcir temporairement la conscience et une démence peut la désorganiser de façon permanente. À l'inverse, le contrôle volontaire de la conscience implique des circuits fronto-thalamiques, que ce soit pour les mécanismes de l'attention ou ceux de l'intention (seuls ces derniers étant altérés lors des absences).

En conséquence, les réseaux cortico-limbiques et fronto-thalamiques seraient

tous deux nécessaires à la conscience. Or la plupart des gens considèrent la conscience comme une caractéristique indivisible et subjective. Cependant, l'altération de la conscience lors des absences épileptiques renforce l'hypothèse selon laquelle certains aspects de la volonté, dépendant de circuits fronto-thalamiques, peuvent être dissociés de la mémoire du présent.

D'un point de vue clinique, la compréhension des mécanismes neuronaux des crises d'épilepsies pourrait conduire à un meilleur diagnostic et à des thérapies mieux ciblées, qu'elles soient médicamenteuses ou chirurgicales. D'un point de vue scientifique, séparer les composantes neurophysiologiques de la conscience est nécessaire pour clarifier les fonctions des réseaux cérébraux à grande échelle. Et d'un point de vue philosophique, n'est-ce pas opportun de pouvoir disséquer la conscience en plusieurs composantes fonctionnelles, plutôt que d'admettre qu'elle est une caractéristique indivisible de l'esprit ? ■