

Des ondes dans le cerveau

Stéphane Charpier

Les neurones sont le siège de mouvements de particules chargées, qui créent des microcourants responsables des ondes électriques enregistrées à la surface du crâne. La fréquence de ces ondes reflète l'état de vigilance et de conscience.

Si l'on pose une électrode métallique à la surface du crâne d'un sujet, et qu'on la connecte à un amplificateur couplé à un oscilloscope, on observe des fluctuations spontanées du potentiel électrique dont l'amplitude peut varier de quelques microvolts à plusieurs millivolts. On enregistre ainsi des variations de potentiel dans les diverses aires du cerveau : ce sont les ondes cérébrales. Ce phénomène bioélectrique intrigant résulte de mécanismes neuronaux complexes, partiellement élucidés (nous y reviendrons), et constitue la seule information issue du cerveau pensant que l'on peut analyser en temps réel, avec une précision de l'ordre de la milliseconde.

Les ondes électriques cérébrales sont présentes dans l'ensemble du règne animal. Elles peuvent être enregistrées chez toutes les espèces, des centres nerveux des mollusques constitués de quelques neurones globulaires compactés, jusqu'au cerveau humain contenant environ 10^{12} neurones. La gamme des fréquences utilisées dans le règne animal – du dixième à plusieurs centaines de hertz – a été conservée au cours de l'évolution, malgré le développement des structures cérébra-

les et des aptitudes comportementales, et l'émergence de nouveaux processus mentaux. Quelques différences ont été néanmoins identifiées, mais on en ignore l'origine et la signification. Il semblerait que les ondes cérébrales des poissons et des reptiles, entre autres, aient une amplitude inférieure à celle des mammifères.

Des ondes cérébrales omniprésentes

Par ailleurs, le cerveau des invertébrés, notamment celui des insectes, crustacés, gastéropodes, vers de terre et autres annélides, produirait plus d'ondes électriques de fréquences supérieures à 100 hertz que celui des vertébrés. Enfin, notons que la pieuvre *Octopus vulgaris*, dont l'activité électrique cérébrale est similaire à celle des vertébrés, est le seul animal chez qui les ondes cérébrales présentent des interruptions transitoires inexplicables : pendant plusieurs minutes, l'activité cérébrale cesse..., mais on ignore pourquoi.

La plupart des manuels de neurologie indiquent que les ondes électriques cérébrales ont été décrites chez l'homme dans les années 1920 par le psychiatre alle-

mand Hans Berger (1873-1941), lequel publiera ses découvertes en 1929 et inventera le terme électroencéphalogramme, ou EEG, encore utilisé aujourd'hui pour qualifier les décharges électriques enregistrées à la surface et dans la profondeur du cerveau. Toutefois, l'existence d'une activité électrique cérébrale spontanée avait été découverte un demi-siècle plus tôt par un jeune enseignant de l'École de médecine de Liverpool, Richard Caton (1842-1926). Le 24 août 1875, il publiait dans les comptes rendus de l'Association médicale britannique ses observations préliminaires, obtenues chez le lapin et le singe, indiquant que de faibles courants spontanés peuvent être systématiquement enregistrés entre deux électrodes placées à la surface du cortex cérébral et que ces ondes électriques semblent être en relation avec la fonction de la région corticale concernée.

Dès la fin du XIX^e siècle, il fit avec d'autres neurophysiologistes de nombreuses découvertes, qui ont toutes été confirmées ultérieurement, sur les propriétés des potentiels électriques cérébraux. Il montra que ces potentiels sont souvent de nature oscillatoire, qu'ils sont modulés par des stimulations sensoriel-



les et qu'ils apparaissent quand les régions corticales où on les enregistre sont activées. Mais il fallut encore une cinquantaine d'années pour comprendre les mécanismes de leur formation.

Le premier à avoir proposé un modèle neuronal pour expliquer l'origine des ondes cérébrales fut l'Anglais Edgar Douglas Adrian (1889-1977). Il reçut le prix Nobel de médecine et de physiologie en 1932 pour avoir découvert que l'information sensorielle, par exemple la tension musculaire, est directement liée à l'activité électrique des fibres nerveuses qui connectent les muscles. Après avoir étudié l'activité des fibres nerveuses, il explora les propriétés des rythmes électroencéphalographiques dans le cortex de l'homme, mais les mécanismes qu'il proposa pour les expliquer étaient faux.

Après avoir examiné le modèle permettant d'expliquer la présence d'un courant électrique, de différences de potentiel et d'ondes dans le cerveau, nous verrons quelles informations on peut extraire d'un EEG, et comment ces enregistrements sont une façon d'aborder l'étude de la conscience. Commençons par la première question: comment les neurobiologistes

expliquent-ils aujourd'hui la présence de courants électriques dans le cerveau? Ils assimilent les neurones pyramidaux, qui représentent l'essentiel (80 pour cent environ) des neurones du cortex, à des dipôles électriques produisant des courants extracellulaires à l'origine des ondes cérébrales.

L'hypothèse du dipôle

Les corps cellulaires des neurones pyramidaux, qui ont une forme triangulaire, sont répartis dans diverses couches du cortex (on en distingue six). Les neurones pyramidaux ont la particularité de présenter une grande dendrite dite apicale d'où partent de nombreux prolongements. Les dendrites apicales parcourent de longues distances et se projettent jusqu'à la surface du cortex. Elles sont connectées aux axones issus d'autres neurones par des synapses; les axones assurent une transmission rapide des signaux nerveux.

Comment applique-t-on le modèle du dipôle aux neurones pyramidaux? Un dipôle électrique « idéal » est un élément conducteur portant sur des sites adjacents des charges électriques, égales en

L'ESSENTIEL

✓ Les courants électriques dus à des déplacements d'ions à travers la membrane des neurones donnent naissance à des différences de potentiel électrique, signal détecté dans les électroencéphalogrammes.

✓ Le traitement par transformation de Fourier permet de faire apparaître dans un EEG toutes les fréquences qui le composent.

✓ L'enregistrement, lors d'une crise d'épilepsie de type absence, d'un EEG, reflet de l'activité cérébrale globale, et de l'activité de neurones isolés, permet de préciser les mécanismes du passage de la conscience à l'état inconscient.

© Shutterstock/Andrea Danti