

(on les nomme cartes temps-fréquences) sont obtenues en faisant « glisser » sur le tracé EEG des ondelettes de durée variable (et donc de différentes fréquences) : on superpose ces « fragments » d'ondes théoriques dont on connaît les paramètres (fréquence et amplitude) au signal enregistré, et on calcule en chaque point le degré de superposition. On décompose le signal enregistré en un mélange pondéré d'ondelettes bien caractérisées. Par analogie avec les ondes sonores, ces cartes temps-fréquences permettent une représentation quantitative et qualitative de la « musique cérébrale » associée aux différents états mentaux, normaux ou pathologiques.

On peut déduire encore d'autres informations dynamiques d'un EEG. Ainsi, il est possible de détecter si des oscillations de même fréquence dans des régions éloignées du cerveau sont synchronisées et, si c'est le cas, quelle est la région qui a imposé sa fréquence à l'autre. On évalue ainsi la synchronisation de phase d'ondes spatialement distribuées, ce qui (et nous y reviendrons) est important dans les phénomènes liés à la conscience. De telles études des propriétés dynamiques des ondes cérébrales, réalisées en recherche fondamentale et clinique, ont permis par exemple d'élucider les dysfonctionnements survenant dans des réseaux de neurones de grande dimension au cours de l'épilepsie, la maladie de Parkinson ou la schizophrénie.

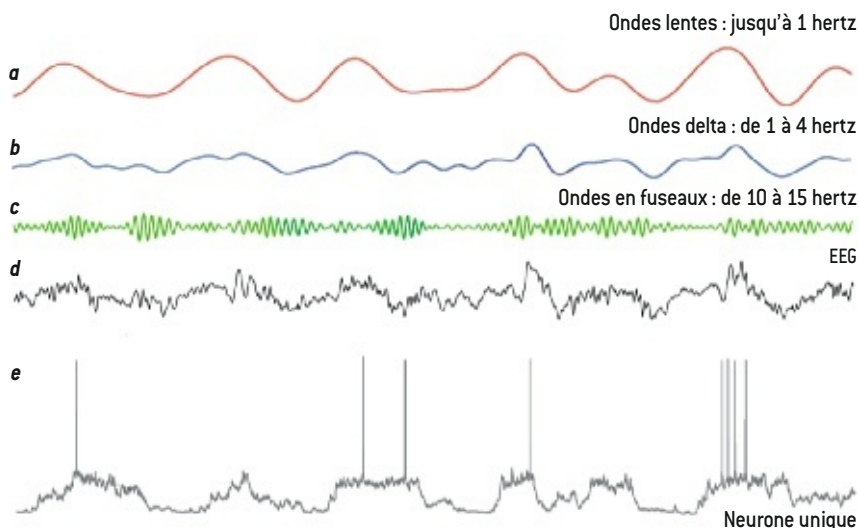
Ainsi, en utilisant les méthodes de mesure de synchronisation et de causalité, notre équipe a étudié les oscillations enregistrées lors de crises d'épilepsie de type absence, c'est-à-dire se manifestant par une perte de conscience sans contraction musculaire rythmique et durant quelques secondes. Les ondes enregistrées lors de telles crises sont apparemment synchrones dans l'ensemble du cerveau ; elles se déclenchent dans une petite région du cortex cérébral, puis se propagent dans de nombreux circuits synaptiques corticaux et sous-corticaux, responsables des symptômes cliniques observés durant la crise et qui contrôlent aussi l'arrêt de la crise. Cet exemple illustre la puissance des outils d'analyse des propriétés dynamiques des ondes cérébrales pour identifier les réseaux neuronaux responsables des syndromes neurologiques et leur impact sur le fonctionnement global du cerveau.

Comment aller plus loin dans la compréhension des mécanismes des ondes

cérébrales ? Comment identifier les processus neuronaux élémentaires qui sous-tendent les phénomènes mentaux associés ? Répondre à ces questions requiert de réaliser des expériences permettant d'enregistrer simultanément, et dans un état cérébral donné, les ondes cérébrales et les variations de potentiels électriques dans les neurones individuels : il faut pouvoir relier l'activité de neurones pris isolément dans différentes aires cérébrales à l'activité électrique cérébrale globale, celle que donne l'EEG. Les variations des potentiels électriques des neurones reflètent à la fois les informations synaptiques traitées par ces neurones, mais aussi les propriétés des canaux ioniques que renferme leur membrane.

Le passage du conscient à l'inconscient

Ce type d'étude, développée par le neurophysiologiste canadien né à Bucarest, Mircea Steriade (1924-2006), pour décrire les mécanismes neuronaux des différents états de vigilance et de l'épilepsie, est peu utilisé dans les laboratoires à cause de son extrême difficulté technique. Néanmoins, avec mes collègues, nous avons appliqué ce type d'approche expérimentale, combiné à la réalisation de cartes temps-fréquences, à l'étude des changements dynamiques



2. UN ENREGISTREMENT EEG (d) peut être décomposé après différents filtrages en plusieurs composantes de fréquence. Ainsi, le tracé brut (d) contient des ondes lentes (a), des ondes delta (b) et des fuseaux (c). L'amplitude de l'EEG reflète le nombre de neurones produisant simultanément des potentiels synaptiques. On constate que le tracé EEG (d), qui est la somme de potentiels issus de milliers de neurones individuels, suit les fluctuations du potentiel enregistré par une électrode implantée dans un neurone particulier situé à proximité de l'endroit où a été réalisé l'électroencéphalogramme (e).

✓ BIBLIOGRAPHIE

D. Tucker et M. Holmes, **Les crises de la conscience**, *Pour la Science*, n° 405, pp. 40-46, 2011.

G. Dumaset *et al.*, **Inter-brain synchronization during social interaction**, *PLoS One*, vol. 17, 5(8):e12166, 2010.

P. Polack *et al.*, **Deep layer somatosensory cortical neurons initiate spike-and-wave discharges in a genetic model of absence seizures**, *J. Neurosci.*, vol. 27, pp. 6 590-6 599, 2007.

M. Le Van Quyen et A. Bragin, **Analysis of dynamic brain oscillations : methodological advances**, *Trends Neurosci.*, vol. 30(?), pp. 365-373, juillet 2007.

Electroencephalography : Basic principles, clinical applications and related fields, E. Niedermeyer, et F. Lopes da Silva (sous la direction de), Lippincott, Williams and Wilkins, 2004.

T. Bullock et E. Basar, **Comparison of ongoing compound field potentials in the brains of invertebrates and vertebrates**, *Brain Res*, vol. 472(1), pp. 57-75, 1988.