

POURQUOI DORMONS-NOUS ?

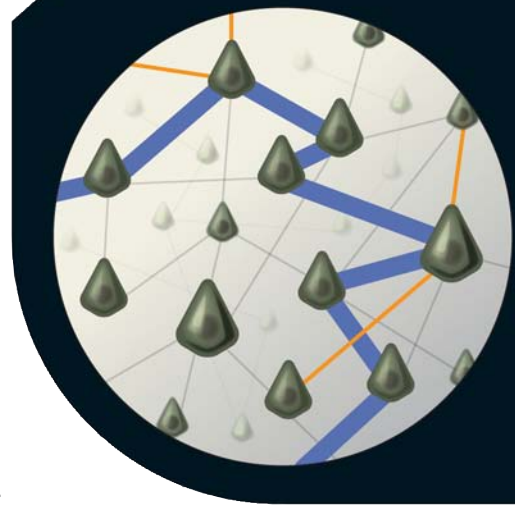
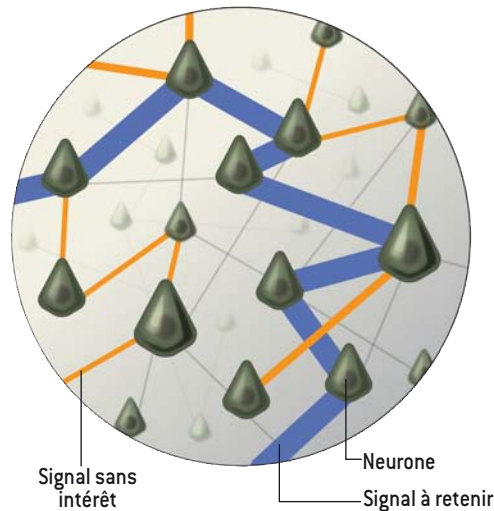
Lorsque nous sommes éveillés, des souvenirs se forment quand des neurones sont activés quasi simultanément, ce qui renforce leurs liaisons (*ci-dessous, à gauche*). Les neurobiologistes ont émis l'hypothèse que pendant le sommeil, la réactivation de ces circuits neuronaux renforce encore plus ces liaisons. C'est pourtant l'inverse qui se produirait (*à droite*) : une activation spontanée durant le sommeil affaiblirait les synapses (les zones de contact entre les neurones) de nombreux circuits. Selon les auteurs, cet affaiblissement ramènerait les synapses à leur niveau initial, ce qui économiserait de l'énergie et réduirait les contraintes sur les cellules nerveuses. Ce retour à un niveau de base, nommé homéostasie, représenterait la fonction première du sommeil.

Pendant le sommeil

L'activation spontanée supprime ou affaiblit sélectivement des liaisons neuronales (*ci-dessous; l'épaisseur des traits est caractéristique de la force des liaisons*). Celles qui sont sans intérêt sont plus affaiblies que les autres, ce qui permet de garder intacts les souvenirs importants.

En état d'éveil

Les circuits neuronaux s'activent en réponse à une stimulation environnementale, qu'elle soit digne d'intérêt (*en bleu*) ou non (*en orange*). Cette activation renforce les synapses connectant les neurones (*en vert*).



de façon répétée et quasi simultanée, les synapses transmettent de mieux en mieux les signaux. Ce renforcement sélectif, nommé potentialisation synaptique, serait le principal mécanisme cérébral de l'apprentissage. Un souvenir serait ainsi encodé dans les réseaux neuronaux par un ensemble de connexions renforcées – qui se renforceraient encore plus lorsque nous dormons.

Le renforcement jamais prouvé pendant le sommeil

Lors de l'éveil, le cerveau rejoue aussi les souvenirs, et le fait que cela renforce les synapses concernées est bien établi. En revanche, un tel renforcement pendant le sommeil n'a jamais été mis en évidence. Nous n'en sommes pas surpris, car selon nous, les connexions neuronales sont affaiblies – et non renforcées – par l'activité cérébrale du dormeur (celle qui rejoue les souvenirs comme celle qui semble aléatoire).

De multiples raisons indiquent qu'un fonctionnement correct du cerveau nécessite cet affaiblissement. D'abord, plus les synapses sont fortes, plus elles consomment d'énergie, et le cerveau ne dispose pas de réserves illimitées. Chez l'homme, il accapare environ 20 pour cent de la consommation énergétique de l'organisme, ce qui en fait l'organe le plus gourmand par unité de poids. Au moins les deux tiers de cette consommation alimentent l'activité synaptique. En outre, la construction et le renforcement de synapses sont exigeants pour les cellules, qui doivent fabriquer de multiples composants, tels des mitochondries (les centrales énergétiques des cellules), des vésicules synaptiques (qui transportent des molécules de signalisation) et différents types de protéines et de lipides nécessaires à la communication à travers les synapses.

En raison des contraintes sur les ressources, le cerveau ne peut continuer à renforcer les synapses jour et nuit pendant toute une vie. Nous ne doutons pas du rôle de la potentialisation dans l'apprentissage, mais juste du fait qu'elle se poursuive pen-

dant le sommeil. Au contraire, un affaiblissement synaptique ramènerait les circuits cérébraux à un niveau de renforcement et d'efficacité plus économe en énergie et moins exigeant pour les cellules. Nous avons nommé homéostasie synaptique cette hypothèse d'une restauration de l'état de base par le sommeil, qui rendrait au cerveau sa capacité d'apprentissage et d'adaptation lors des phases d'éveil ultérieures. Le prix à payer pour ce ré-étalonnage neuronal serait la déconnexion temporaire de l'environnement externe.

Les souvenirs triés

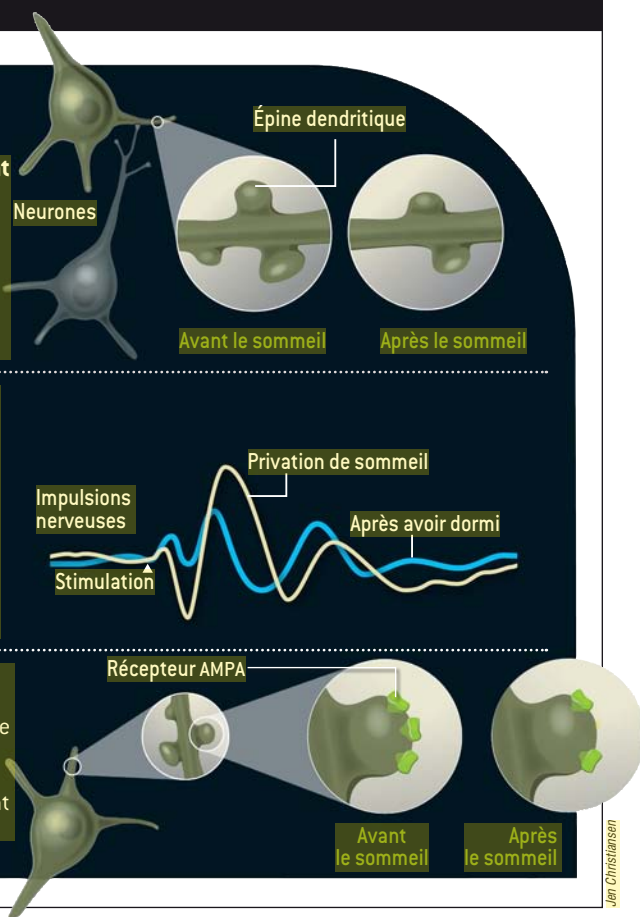
Reste à expliquer la façon dont le sommeil favorise l'apprentissage et la mémoire. Comment des synapses affaiblies peuvent-elles mieux enregistrer les compétences et les événements ? Pendant la journée, presque tout ce que l'on vit laisse une trace neuronale dans le cerveau et les événements importants, tels qu'une rencontre ou l'apprentissage d'un morceau de musique, ne représentent qu'une partie insignifiante

Preuves de l'affaiblissement

Chez les mouches et les souris, le nombre d'épines dendritiques (les parties des neurones qui détectent les signaux) augmente au cours d'une journée active, mais diminue lors du sommeil.

Chez le rat comme chez l'homme, les cellules stimulées par des impulsions électriques ou magnétiques répondent plus fortement quand le sujet est privé de sommeil que lorsqu'il a dormi. Dans ce cas, le sommeil a donc réduit la force des synapses.

Des molécules nommées récepteurs AMPA, dont l'abondance détermine la force synaptique, se multiplient dans les synapses pendant l'éveil, mais se raréfient durant le sommeil.



Jon Christensen

de cet encodage neuronal. Pour améliorer la mémorisation, le cerveau endormi doit faire la distinction entre le bruit de fond (les informations sans intérêt) et le signal (les événements importants).

Nous pensons que lors du sommeil, l'activation spontanée de multiples circuits neuronaux concerne aussi bien les souvenirs formés dans la journée que des réseaux de souvenirs plus anciens. Ils sont alors combinés de façon variée (les rêves donnent un aperçu de cette mêlée neuronale). Cela permet au cerveau de tester quels nouveaux éléments s'associent aux souvenirs stockés, dont l'importance est avérée, et d'affaiblir les synapses qui s'intègrent mal dans le grand schéma de la mémoire.

Ce défilé de scénarios imaginaires serait perturbé par la conscience de l'environnement ou par nos actions ; il est donc préférable que nous dormions pendant son déroulement. De même, la restauration de l'homéostasie synaptique ne doit pas avoir lieu pendant l'éveil, car les événements de la journée domineraient le processus, mettant en relief les données les plus

récentes et non les plus importantes. La déconnexion profonde du cerveau endormi le libère de la tyrannie du présent et crée des conditions idéales pour intégrer et consolider les souvenirs.

L'idée que le sommeil affaiblit les synapses – et ne les renforce pas – est étayée par des données électroencéphalographiques. Il s'agit d'enregistrements des courants électriques à la surface du crâne, qui traduisent l'activité du cortex cérébral, à l'aide d'électrodes fixées sur le cuir chevelu. Le tracé résultant est nommé électroencéphalogramme.

Il y a plusieurs décennies, des mesures réalisées sur des sujets endormis ont révélé deux types principaux de sommeil : le sommeil paradoxal (aussi nommé sommeil REM, pour *Rapid eye movement* ou mouvements oculaires rapides, car les yeux bougent rapidement pendant cette phase), et le sommeil lent (dit non-REM). Le sommeil REM a été découvert par le neurobiologiste français Michel Jouvet en 1959. Ces deux types de sommeil alternent au fil de la nuit et chacun présente une

activité cérébrale spécifique. L'électroencéphalogramme du sommeil REM est dominé par des oscillations assez rapides, qui ressemblent à celles enregistrées durant l'état de veille, tandis que le sommeil non-REM se caractérise par des oscillations lentes, à des fréquences d'environ un cycle par seconde. Il y a dix ans, Mircea Steriade (1924-2006), de l'Université Laval, au Québec, a découvert que les ondes lentes du sommeil non-REM résultent de l'activité coordonnée de groupes de neurones qui s'activent et s'éteignent de façon simultanée.

Par la suite, on a montré, chez les oiseaux et les mammifères, que l'amplitude de ces ondes est grande juste après une longue période d'éveil et diminue au fil de la nuit. L'hypothèse d'un affaiblissement des synapses pendant le sommeil permettrait de l'expliquer. En effet, si les synapses sont fortes, les neurones synchronisent davantage leur activation, créant ainsi des ondes lentes de plus grande amplitude. C'est ce qui se produirait au début de la nuit, car des synapses ont été renforcées au cours de l'état d'éveil antérieur. Leur affaiblissement conduirait à une baisse de la synchronisation, et donc de l'amplitude des ondes lentes. Des simulations sur ordinateur et des expériences réalisées chez l'homme et l'animal semblent l'indiquer.

Des preuves d'un affaiblissement des synapses

Des preuves directes de l'affaiblissement des synapses – qui peut aller jusqu'à leur neutralisation – pendant le sommeil ont été obtenues chez l'animal. Chez la drosophile, par exemple, le nombre et la taille des synapses augmentent progressivement pendant le jour, en particulier lorsque l'insecte est dans un environnement stimulant, et le processus s'inverse durant le sommeil. Ainsi, quand des drosophiles passent la journée à interagir, les neurones présentent davantage d'épines dendritiques – de minuscules excroissances neuronales sur lesquelles se trouvent la plupart des synapses – le soir que le matin. Et le nombre d'épines revient à sa valeur initiale pendant la nuit si, et seulement si, les mouches peuvent dormir.

Nous avons observé un phénomène similaire dans le cortex cérébral de souris