

Dans *Le Meilleur des mondes* d'Aldous Huxley, un garçon mémorise chaque mot d'une conférence en anglais, langue qu'il ne connaît pas. L'apprentissage survient alors que le garçon dort près d'une radio qui retransmet la conférence. Au réveil, l'enfant est capable de la réciter en entier. S'appuyant sur cette découverte, les autorités totalitaires du monde dystopique de Huxley adaptent la méthode pour façonner l'inconscient de tous les citoyens.

Tout le monde sait que nous apprenons mieux quand nous sommes bien reposés. La plupart des gens, en revanche, pensent *a priori* qu'il est impossible d'apprendre en dormant. Pourtant, de nouvelles découvertes suggèrent que les choses ne sont pas aussi simples. Elles montrent qu'une partie essentielle de l'apprentissage se produit pendant le sommeil : des souvenirs récemment formés refont surface pendant la nuit, et cette relecture aide à les renforcer, voire à en mémoriser certains de façon définitive. Et si aujourd'hui, le scénario imaginé par Huxley en 1932 reste une fiction, des expériences indiquent qu'il est possible de

Il est possible de manipuler les souvenirs d'un individu plongé dans un profond sommeil

manipuler les souvenirs d'un individu plongé dans un profond sommeil, posant les bases d'une nouvelle science de l'apprentissage durant le sommeil.

Pour que de telles manipulations fonctionnent, il s'agit avant tout d'explorer comment un individu peut absorber une information à un moment où sa conscience semble au repos. À l'époque où Huxley écrivait son roman, de sérieuses recherches sur la possibilité d'intervenir durant le sommeil avaient commencé. En 1927, le New-Yorkais Alois Saliger avait inventé une « machine à suggestion automatique à départ différé », commercialisée sous le nom de PsychoPhone, capable de réémettre

pendant la nuit un message enregistré. Puis, dans les années 1930-1940, diverses études ont fourni de prétendus exemples d'apprentissage durant le sommeil.

L'EXPÉRIENCE DOUTEUSE DES ONGLES RONGÉS

Dans un article publié en 1942, notamment, Lawrence LeShan, alors au Collège de William et Mary, aux États-Unis, décrit une expérience qu'il avait menée dans un camp d'été où nombre de garçons se rongeaient les ongles. Dans une pièce où dormaient vingt garçons, LeShan avait utilisé un phonographe portable qui répétait la phrase « Mes ongles ont un goût terriblement amer ». Trois cents fois par nuit, 150 minutes après le début de l'endormissement, le phonographe avait émis la séquence de mots, et ce pendant 54 nuits consécutives (même durant les deux dernières semaines où, le phonographe étant tombé en panne, l'intrépide LeShan avait lui-même prononcé la phrase). Huit des vingt garçons ont cessé de se ronger les ongles, alors qu'aucun parmi vingt autres qui dormaient sans être exposés à l'enregistrement n'avait changé son comportement. Ce résultat reste toutefois suspect, car le chercheur n'avait utilisé aucun dispositif de surveillance physiologique pour vérifier que les garçons étaient réellement endormis quand le phonographe était utilisé.

De fait, le champ de recherche subit un revirement brutal en 1956, lorsque deux scientifiques de la RAND Corporation recoururent à l'électroencéphalographie pour enregistrer l'activité cérébrale des participants à une étude où on leur lisait 96 questions et réponses pendant leur sommeil. (Un exemple : « Dans quel type de magasin Ulysse Grant travaillait-il avant la guerre ? » Réponse : « Une quincaillerie ».) Le lendemain, les participants ne se souvenaient des réponses que lorsque celles-ci leur avaient été lues à des moments où l'électroencéphalogramme montrait des signes de réveil. En d'autres termes, les participants semblaient n'avoir appris que lorsqu'ils ne dormaient pas vraiment au moment où l'information leur était présentée. Ce résultat porta un coup dur au domaine, les chercheurs commençant à douter de la viabilité de l'apprentissage durant le sommeil.

Pendant cinquante ans, de nombreux scientifiques évitèrent le sujet. Néanmoins, d'autres s'intéressèrent plus généralement à la possibilité que le sommeil joue un rôle bénéfique dans la mémoire. Un protocole d'étude typique consistait à déterminer si la privation de sommeil durant la nuit perturbait la mémorisation d'une information apprise la veille. Un autre testait si la mémorisation était meilleure après un sommeil ou après une période identique de veille.

Divers facteurs sont susceptibles d'interférer dans de telles études. Par exemple, le

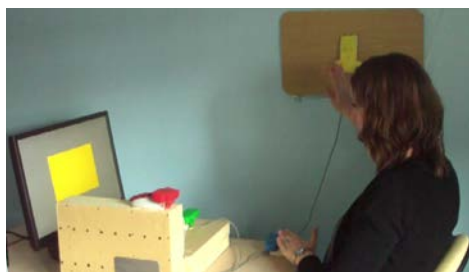
stress lié au manque de sommeil peut nuire aux fonctions cognitives, lesquelles diminuent ensuite les performances de la mémoire. Conscients de la difficulté, des chercheurs en neurosciences cognitives ont commencé à relever le défi en rassemblant des données issues de plusieurs méthodes de recherche. Peu à peu, des preuves se sont ainsi accumulées en faveur de l'idée que le sommeil était un moyen de raviver les souvenirs acquis la veille. Le lien entre sommeil et mémoire redevint un domaine de recherche légitime.

Au début, nombre de chercheurs se concentraient sur les périodes de mouvements oculaires rapides, ou sommeil paradoxal, la période où les rêves sont les plus fréquents et les plus saisissants. L'hypothèse de départ était que le traitement des souvenirs durant la nuit était lié au rêve, mais peu de données la confirmèrent. En 1983, deux biologistes britanniques de renom, Graeme Mitchison et Francis Crick, spéculèrent même que le sommeil paradoxal servait à oublier. Dans le même esprit, au début des années 2000, Giulio Tononi et Chiara Cirelli, tous deux à l'université du Wisconsin à Madison, proposèrent que le sommeil était un moment où les connexions entre les cellules du cerveau faiblissaient, laissant la place aux nouvelles informations acquises le lendemain.

LE POUVOIR DE LA ROSE

Progressivement, les scientifiques s'intéressèrent à une autre période de sommeil dépourvue de mouvements oculaires rapides, le sommeil lent profond. En 2007, Björn Rasch, alors à l'université de Lübeck, en Allemagne, organisa avec ses collègues une expérience où les participants devaient mémoriser l'emplacement d'un ensemble d'objets tout en sentant une odeur de rose. Plus tard, dans leur lit au laboratoire, les participants étaient de nouveau exposés à la même odeur à différents stades de leur sommeil, confirmés par électroencéphalographie. L'odeur active l'hippocampe, une zone cérébrale essentielle pour apprendre à naviguer dans son environnement et pour stocker les nouvelles connaissances acquises. Au réveil, les participants se rappelaient plus précisément les emplacements – mais uniquement si l'odeur leur avait été présentée durant le sommeil lent profond (et non pendant le sommeil paradoxal).

En 2009, notre laboratoire a étendu cette méthodologie en utilisant des sons plutôt que des odeurs. Nous avons constaté que les sons joués pendant le sommeil lent profond amélioraient la mémorisation de la localisation d'objets individualisés (au lieu de tout un ensemble d'objets, comme dans l'étude avec les odeurs). Dans notre procédure, appelée réactivation mnésique ciblée ou TMR pour *targeted memory reactivation*, les volontaires commençaient par



Durant le sommeil lent profond, nous réactivons des souvenirs récents. C'est ce qu'a montré une étude de Delphine Oudiette et ses collègues en 2011. Des participants somnambules ou non ont appris une séquence de mouvements en appuyant sur divers boutons correspondant à une série de couleurs apparaissant sur un écran (en haut à gauche). Durant le sommeil lent profond, une personne somnambule a reproduit la séquence (en bas), comme l'a confirmé la comparaison de ses gestes avec ceux d'une personne éveillée reproduisant la séquence dans les mêmes conditions (en haut à droite).

mémoriser les emplacements de cinquante objets. Ils apprenaient par exemple à placer un chat à un endroit désigné sur un écran d'ordinateur et une théière à un autre. Simultanément, ils entendaient un son correspondant (un miaulement pour le chat, un sifflement pour la théière, etc.). Après cette phase d'apprentissage, les participants faisaient une sieste dans un endroit confortable de notre laboratoire. À l'aide d'électrodes placées sur leur tête, nous surveillions leur activité cérébrale afin de vérifier que chacun dormait bien. De fait, nous ciblions un moment, particulièrement important pour la réactivation de la mémoire, où l'activité des réseaux de neurones du cortex cérébral, la couche supérieure du cerveau, était synchronisée (voir l'encadré page 32).

Lorsque nous détectons le sommeil lent profond, nous diffusons le miaulement, le sifflement et d'autres sons associés à un sous-ensemble d'objets de la phase d'apprentissage. Les sons étaient joués doucement, pas plus fort que le bruit de fond, de sorte que les participants ne se réveillaient pas. Au réveil, ils se souvenaient mieux des positions des objets signalés durant le sommeil que de celles des objets pour lesquels aucun son n'avait été joué durant leur sommeil. Quel que soit l'indice sensoriel utilisé – sons ou odeurs –, il avait manifestement déclenché la réactivation de la mémoire spatiale et ainsi diminué l'oubli.

Au début, nos procédures étaient très controversées. Les spécialistes du sommeil pensaient généralement que les circuits sensoriels dans le cortex étaient en grande partie désactivés lorsque l'on dormait, à l'exception de ceux de l'odorat. Nous avons néanmoins continué à suivre notre intuition. Et de fait, de >