

du comportement aux informations, à mesure qu'elles se présentent. Cette fonction cognitive fondée sur l'analyse de la situation en cours joue un rôle fondamental dans l'élaboration de la pensée et de la représentation du monde.

Dans la plupart des cas, les mécanismes neurobiologiques de la mémoire à court terme n'assurent pas les opérations de stockage à long terme : la mémoire à court terme est plus un espace de travail qu'une passerelle entre les informations reçues et la mémoire à long terme. Certaines personnes atteintes de lésions cérébrales ont des déficits notables de la mémoire de travail, mais ne perdent pas la capacité d'élaborer de nouveaux souvenirs : le cerveau utilise des circuits différents pour ces deux types de mémoire. Pour autant, les souvenirs destinés à laisser une trace à long terme passent nécessairement par l'espace de la mémoire à court terme, puis subissent un ensemble de mécanismes de consolidation et de maturation qui, chez l'homme, prennent parfois des années.

Les interactions des systèmes de mémoire de travail et de ceux de la mémoire à long terme sont plus dynamiques qu'on ne l'imaginait : les pre-

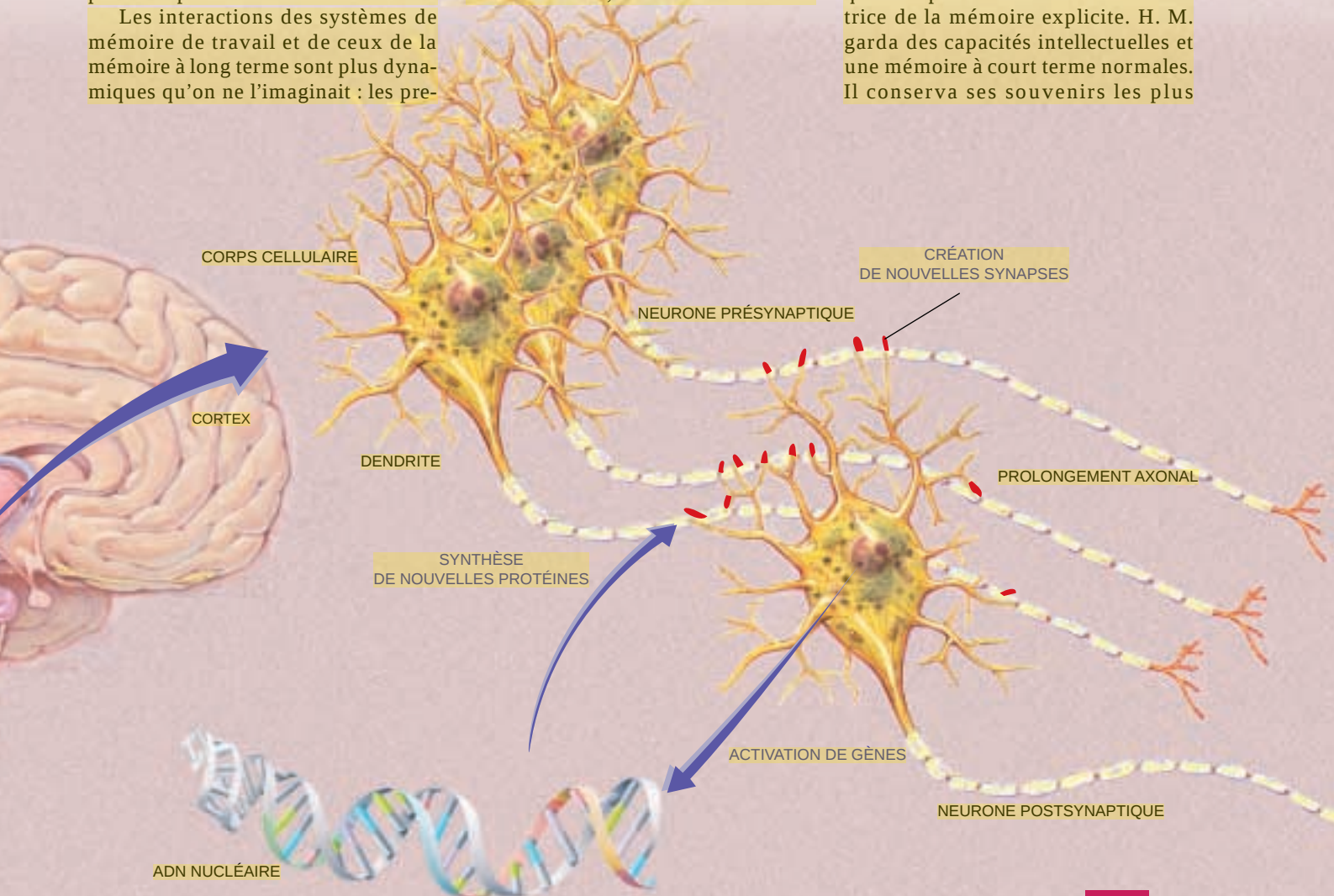
miers jouent un rôle dans la mémorisation à long terme en commandant notamment le stockage des souvenirs ; inversement, tout événement peut activer très rapidement des souvenirs à long terme, qui deviennent alors accessibles à la mémoire de travail, laquelle les utilise immédiatement ou remet à jour le stock des souvenirs.

La mémoire à long terme repose aussi sur plusieurs systèmes distincts. Ainsi, les recherches récentes en psychologie cognitive ont montré qu'il existe une mémoire implicite et une mémoire explicite. La mémoire implicite concerne les habiletés motrices, verbales ou cognitives : quand on acquiert une expérience et qu'on la renouvelle ultérieurement, la mémoire implicite facilite la performance sans qu'il soit nécessaire de faire appel à son souvenir conscient. La mémoire explicite est elle-même subdivisée en mémoire sémantique, c'est-à-dire la mémoire des faits et des connaissances générales, et en mémoire épisodique, ou mémoire des événements, contenant les éléments

du passé individuel (que l'on pourrait qualifier de mémoire autobiographique). Par exemple, quand on se souvient que la *Femme à l'ombrelle* de Claude Monet est au musée d'Orsay, on se sert de sa mémoire sémantique ; mais, quand on se souvient des circonstances où l'on a vu le tableau pour la première fois (avec qui l'on était, le temps qu'il faisait, ce que l'on a fait ensuite, etc.), on utilise sa mémoire épisodique.

Les circuits de la mémoire

On a commencé à comprendre qu'il existe plusieurs types de mémoire et qu'elles reposent sur des circuits neurobiologiques distincts en 1953 : pour soulager une personne épileptique – H. M. – de sa maladie, un chirurgien réalisa une ablation partielle des régions temporales gauche et droite, qui contiennent une structure sous-corticale, l'hippocampe. La lésion de l'hippocampe et des régions avoisinantes soulagea l'épilepsie, mais elle provoqua une perte immédiate et dévastatrice de la mémoire explicite. H. M. garda des capacités intellectuelles et une mémoire à court terme normales. Il conserva ses souvenirs les plus



anciens, mais perdit ceux des années qui avaient précédé l'opération. Enfin, après l'opération, il perdit toute capacité de former de nouveaux souvenirs.

En revanche, sa mémoire implicite, nécessaire pour apprendre comment réaliser certaines tâches, est relativement préservée : quand on lui demande de dessiner les contours d'une étoile sans croiser les lignes, en regardant la figure et ses mains dans un miroir (une tâche que la plupart des participants aux tests trouvent difficile), ses performances sont normales et s'améliorent chaque jour. Pourtant, d'un jour à l'autre, il oublie qu'il a déjà pratiqué cette tâche et ne conserve pas de souvenirs conscients de l'expérience. Il ne se souvient ni du nom ni du visage des infirmières ou des médecins qu'il côtoie tous les jours.

Aujourd'hui, on sait que l'hippocampe et certaines régions du lobe temporal sont indispensables à la formation de souvenirs explicites et à leur conservation (de quelques mois à quelques années) ; puis ces souvenirs sont éventuellement stockés de façon permanente dans les régions corticales. Rappelons que les neurones de l'hippocampe, par exemple, ont des prolongements qui leur permettent de communiquer avec les neurones de zones cérébrales très éloignées, par exemple avec ceux du cortex. Le néostriatum, un ensemble de boucles sous-cortico-frontales, les circuits du cervelet et ceux de l'amygdale (une structure proche de l'hippocampe, qui joue un rôle fondamental dans les conditionnements émotionnels) parti-

cipent à l'élaboration de différentes formes de mémoire implicite.

«La» mémoire est ainsi constituée de plusieurs systèmes qui traitent et stockent des composantes spécifiques de l'information. Dans les conditions normales, ces sous-systèmes fonctionnent en étroite collaboration, un même événement pouvant avoir un contenu sémantique et un contenu épisodique, et une même information pouvant être représentée sous forme explicite et sous forme implicite.

De nombreuses régions du cerveau traitent différentes dimensions des informations et les mettent en mémoire sous plusieurs contenus, mais ces régions sont assemblées en réseaux temporaires ou permanents, sur lesquels reposent le souvenir dans sa globalité.

Comment les souvenirs s'impriment-ils dans le cerveau? Quelle est la nature physique des traces mnésiques et quels sont les mécanismes qui président à leur construction, à leur stockage et à leur évocation? Comment apprenons-nous et comment nous souvenons-nous? Certains mécanismes cellulaires et moléculaires de la mémoire se révèlent progressivement.

Le support neuronal des souvenirs

Quand un neurone émet une décharge spécifique à l'évocation d'un souvenir ou à la présentation d'un mot ou d'un visage, doit-on en conclure que ce neurone est le siège d'une mémoire rudi-

mentaire? L'hypothèse d'une mémoire endoneuronale et celle d'un codage chimique sous forme de molécules de mémoire ont été abandonnées.

En fait, chaque neurone reçoit des informations de milliers d'autres neurones par l'intermédiaire de plusieurs milliers de connexions synaptiques, réparties le long de ses dendrites (voir la figure 3). La décharge spécifique d'un neurone en réaction à un stimulus donné ne reflète que les propriétés des circuits où il se trouve, et le support physique des représentations stockées en mémoire est réparti au sein de vastes réseaux de neurones d'une extrême complexité.

La mémoire résulte de variations d'activités neuronales dans des réseaux où chaque souvenir correspond à une configuration unique d'activité spatio-temporelle de neurones interconnectés. Les événements environnants sont codés dans les aires sensorielles sous forme de configurations de décharges neuronales qui se propagent vers les aires associatives, qui font le lien entre des informations de natures différentes ; elles y constituent une collection de représentations, plus ou moins abstraites, capables de coordonner les unités responsables des programmes moteurs.

Grâce à des électrodes implantées dans le cerveau d'un animal, on peut suivre la construction des traces mnésiques. Par exemple, pour tester l'acquisition d'une mémoire associative chez le rat, on couple systématiquement un stimulus sensoriel, un son d'une fréquence donnée, à un choc électrique bref et peu intense. Le rat acquiert rapidement une connaissance de la relation entre ces deux événements : il construit une représentation de cette association où le son annonce le choc.

Les travaux de Norman Weinberger, à l'Université de Californie, et de Jean-Marc Edeline, dans notre laboratoire, montrent que, dans ce type d'apprentissage, certains neurones des voies sensorielles du traitement de l'information auditive modifient leur activité : ils sont «réaccordés» à la fréquence du stimulus et réagissent à ce son de façon plus intense qu'à tout autre son d'une autre fréquence. Nous avons montré qu'au début de l'apprentissage, les neurones de l'hippocampe ne sont pas activés par un son, mais que, progressivement, ils réagissent en émettant des bouffées d'impulsions



Serge Laroché

2. DANS UN LABYRINTHE, un rat construit une carte cognitive de son environnement, où sont mémorisées les relations spatiales entre les éléments remarquables, par exemple entre la photographie sur le mur et d'autres indices de la pièce où ont lieu les expériences.