



Les neurones sont le support de la mémoire. Ils sont d'autant plus efficaces dans cette tâche qu'ils sont prompts au changement.

© Shutterstock.com/Rosi9

INCROYABLE PLASTICITÉ

La mémoire se fonde sur la malléabilité des neurones et de leurs connexions. C'est par le renforcement des synapses et l'établissement de nouvelles que les souvenirs s'ancrent dans notre cerveau. C'est particulièrement vrai pendant le sommeil, lorsque les apprentissages sont consolidés. Comment le sait-on ? Parce que désormais, on peut le voir en direct ! Quand le renforcement est trop efficace, la mémoire devient infaillible. Un atout ? Pas nécessairement...

L'ESSENTIEL

- Nous retenons beaucoup mieux des mots qui ont trait à la notion de survie que les autres.
- Plusieurs psychologues en concluent que la mémoire a été façonnée par la sélection naturelle pour nous aider à faire face aux aléas de l'environnement.
- En outre, on retient mieux des mots liés à des entités animées.
- On pourrait utiliser ces résultats pour améliorer l'enseignement des mathématiques, de la géologie, de la botanique en mettant en avant le danger.

LES AUTEURS



PATRICK BONIN est professeur en psychologie cognitive à l'université de Bourgogne Franche-Comté (LEAD-CNRS) et membre honoraire de l'Institut universitaire de France.



AURÉLIA BUGAÏŠKA est professeure en psychologie du vieillissement cognitif à l'université de Bourgogne Franche-Comté (LEAD-CNRS).

Une mémoire en mode survie

Notre mémoire fonctionne encore comme à l'âge de pierre. En effet, une meilleure mémorisation en situation de survie aurait aidé nos ancêtres à surmonter les dangers. Et cette tendance se serait perpétuée jusqu'à nos jours...

A

près une tempête et le naufrage de votre navire, vous échouez, seul, sur le rivage d'une terre inconnue, déserte, sans aucun secours matériel pour survivre. Pour affronter la situation, vous devrez vous approvisionner en nourriture et en eau, mais aussi faire face à des prédateurs. Bonne chance! Ce scénario, qui ressemble à celui d'un jeu de

télé-réalité, a en fait été imaginé par le psychologue James Nairne et son équipe de l'université Purdue, aux États-Unis, pour les besoins d'une expérience.

Les participants, placés dans le contexte «à la Robinson», devaient évaluer les mots qu'on leur présentait et déterminer si le concept auquel ils renvoyaient serait utile dans une telle situation. Ils disposaient pour ce faire d'une échelle allant de «pas pertinent» (pour la survie) à «très pertinent». Venait ensuite une occupation distrayante, destinée à éviter qu'ils ne répètent mentalement ces mots. Passé ce délai, arrivait enfin un test surprise consistant à coucher sur le papier tous les mots dont ils se souvenaient.

La mémorisation était environ 20% plus élevée lorsque les mots étaient traités dans le cadre du scénario *survie* que dans deux autres conditions témoins (un déménagement en pays étranger et une classification de mots selon leur caractère plaisant). Dans le domaine des études sur la mémoire, cet écart >



Se retrouver en situation
de survie aurait un impact
positif sur la mémoire.

- > correspond à un effet considérable! En outre, cette expérience a été maintes fois répliquée, tant avec des mots qu'avec des images, avec les mêmes résultats aussi bien chez des adultes que chez des enfants.

L'ADVERSITÉ EST BONNE POUR LA MÉMOIRE

De façon générale, le bénéfice lié à la mémorisation après une mise en conditions de survie se révèle notablement plus important que ceux traditionnellement observés avec des traitements réputés accroître fortement la mémorisation, comme le fait de se créer une image mentale à partir de la présentation des mots. L'effet survie est même plus puissant que celui obtenu lorsqu'on demande à des individus d'apprendre intentionnellement des mots.

Pour rendre compte de ces faits, James Nairne a proposé une conception novatrice de la mémoire humaine: la mémoire adaptative. Selon cette hypothèse, notre mémoire aurait été façonnée dans notre passé ancestral pour résoudre des problèmes de survie. Trouver de la nourriture, se protéger des prédateurs, éviter d'être contaminé, trouver un partenaire sexuel... La mémoire, dans cette perspective, serait le fruit de l'évolution, tout comme d'autres fonctions cognitives ou biologiques. Ainsi, nous aurions hérité d'un fonctionnement mnésique dont les caractéristiques sont en partie les conséquences de la confrontation à des pressions sélectives rencontrées par nos ancêtres chasseurs-cueilleurs. Par exemple, la détection des proies et des prédateurs a été primordiale pour la survie de nos ancêtres.

Nous nous souviendrions donc mieux d'informations ayant une valeur pour notre survie et notre succès reproductif.

Ce type d'interprétation peut sembler trivial, mais il est rare que la psychologie cognitive se demande pourquoi la mémoire fonctionne de telle manière plutôt que de telle autre. La mémoire adaptative représente alors une conception novatrice car, dans ce cadre, les chercheurs s'interrogent non seulement sur le «comment» du fonctionnement mnésique mais aussi sur le pourquoi: pourquoi la mémoire possède-t-elle ces caractéristiques? De ce point de vue, l'effet de survie laisse entrevoir que la mémoire s'est développée pour accroître notre pouvoir d'adaptation. En outre, des travaux ultérieurs ont montré que le contexte de survie ancestrale (en milieu sauvage) utilisé par James Nairne n'est pas indispensable: car d'autres situations où il peut être question de survie (dans des villes, notamment) s'avèrent tout aussi efficaces pour améliorer la rétention à long terme.

LA COGNITION AUTOCENTRÉE

Reste à comprendre comment fonctionne «l'effet survie». Fait notable, les chercheurs ont constaté qu'il ne s'exerce que si l'on envisage sa propre situation et non celle d'un tiers. Ainsi, la psychologue Sheila Cunningham, de l'université Abertay, à Dundee, au Royaume-Uni, et ses collègues ont demandé à des participants d'évaluer la pertinence de mots dans un contexte de survie ancestrale, soit pour leur propre compte, soit pour celui d'une personne connue. L'avantage mnésique n'apparaissait que lorsque la survie concernait les participants eux-mêmes. La référence à soi serait donc un élément critique de l'effet survie même s'il ne peut entièrement en rendre compte.

La notion de référence à soi est bien connue et abondamment documentée en psychologie: elle renvoie au fait qu'un mot ou concept est mieux mémorisé s'il est envisagé en lien avec soi-même plutôt qu'avec une autre personne. Cela se traduit par le fait que, dans des expériences, des sujets se demandant si le qualificatif de «courageux» s'applique à leur propre personne retiennent mieux ce mot que s'il s'applique à une tierce personne. Précisons que, même si les situations où nous sommes menacés s'enclenchent indubitablement, l'effet de survie n'est pas uniquement autoréférencé. Qui plus est, il a toujours cours aujourd'hui.

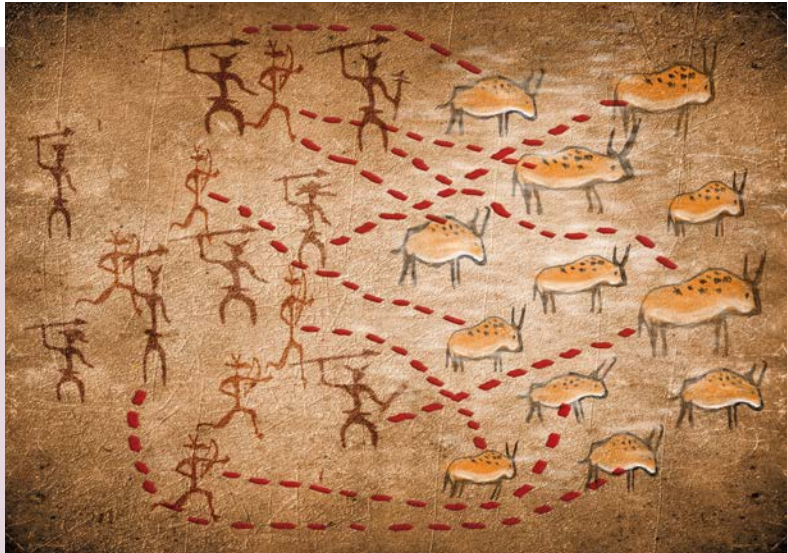
Certes, l'environnement professionnel ou scolaire actuel fait peu appel à des contextes de survie. Mais à en croire quelques études inspirées de la mémoire adaptative, le recours à de tels contextes pourrait profiter à l'apprentissage. Par exemple, dans le cadre de

LA MÉMOIRE DES ENTITÉS ANIMÉES

Des observations récentes, en partie acquises dans notre laboratoire, montrent que des mots renvoyant à des entités animées (*lion, bébé...*) sont mieux retenus (jusqu'à 30 % d'augmentation) que des mots renvoyant à des entités inanimées (*montagne, bouteille...*). L'effet animé est un argument fort en faveur de la théorie de la mémoire adaptative, qui postule que des informations relatives à la survie sont particulièrement importantes. De fait, la distinction entre objets animés et inanimés est essentielle pour assurer sa survie, les animés pouvant être des prédateurs, des proies ou des congénères. Les mots désignant des entités animées captent sans doute plus facilement notre attention que ceux désignant des entités inanimées. Des travaux récents ont toutefois réfuté l'hypothèse que l'effet animé en mémoire serait dû au fait que les mots correspondant à des animés évoquent plus facilement des images mentales que ceux renvoyant à des inanimés.

LA MÉMOIRE EST-ELLE SOLUBLE DANS LA THÉORIE DE L'ÉVOLUTION ?

L'idée selon laquelle le fonctionnement de notre mémoire résulte de millions d'années d'évolution et de contraintes passées s'inscrit dans une approche dite de psychologie évolutionniste. Selon cette dernière, notre cerveau n'est pas seulement façonné par l'environnement et la culture, mais hérite aussi de mécanismes – ou de la potentialité de les développer – mis en place dans notre passé ancestral. En raison de pressions sélectives rencontrées par nos ancêtres chasseurs-cueilleurs, le cerveau des humains modernes serait constitué de « modules », des machines cérébrales spécialisées dans la résolution de problèmes adaptatifs spécifiques. La psychologie évolutionniste correspond à une approche cognitive qui intègre la théorie de la sélection naturelle de Darwin. Mal perçue en France, on lui reproche parfois des explications extravagantes ou passe-partout, ainsi qu'un caractère déterministe – nos comportements seraient programmés génétiquement. Tout en reconnaissant l'existence d'explications parfois baroques pour rendre compte de certains phénomènes (comme dans d'autres disciplines, au demeurant), voire de récupérations idéologiques, un examen approfondi des



travaux issus de cette discipline (tels les travaux du psychologue David Buss, à l'université du Texas, à Austin, aux États-Unis) montre que ces explications sont relativement peu nombreuses aujourd'hui, et rapidement écartées au sein de cette discipline scientifique, qui, comme d'autres, ne retient pas plus longtemps les hypothèses n'étant pas soutenues par des données d'observation rigoureusement collectées (issues d'expérimentations, de questionnaires, etc.). Sans nier l'impact ni l'importance de la culture dans l'explication des comportements, cette approche se veut au contraire interactionniste en ce sens qu'elle tente d'expliquer les comportements en prenant en compte à la fois des contraintes biologiques et environnementales.

Notre passé de chasseur-cueilleur a-t-il laissé des traces dans nos processus de mémorisation ?

l'enseignement de la biologie, Pavol Prokop et Jana Fančovičová, de l'université de Trnava, en Slovaquie, ont présenté à des lycéens des informations importantes sur des plantes, quant à leur subsistance (toxicité des fruits), et des informations qui n'y étaient pas reliées (appellation et localisation). Verdict : les premières étaient mieux retenues que les autres.

LA BOTANIQUE DE LA SURVIE

D'un point de vue éducatif, les enseignements en botanique gagneraient donc à inclure des informations pertinentes en termes de survie, comme leurs vertus curatives ou leur toxicité. De même, les anthropologues Clark Barrett et James Broesch, de l'université de Californie à Los Angeles, ont observé que, par rapport à d'autres types d'informations sur des animaux, les enfants se souvenaient mieux de celles relatives à leur dangerosité.

Enfin, une étude de l'équipe de James Nairne a montré que l'apprentissage de couples de mots (l'un en anglais, l'autre en swahili) était facilité par la présence d'un mot animé, ce qui révèle une autre forme de mémoire adaptative (voir l'encadré page ci-contre). Pour apprendre une langue étrangère,

il serait donc sans doute intéressant de présenter des contextes associant animés et inanimés. En cours d'anglais, il s'agirait de retenir par exemple l'expression « *(the) dog (is running in the) mountain* » plutôt qu'une autre impliquant deux items inanimés, comme : « *(the) house (is burning in the) mountain* ».

Plus généralement, dans l'élaboration de séquences pédagogiques, pourquoi ne pas présenter les notions à apprendre dans un contexte où la survie jouerait un rôle ? Placer les élèves dans une situation imaginaire de catastrophe naturelle, comme un volcan en activité, se révélerait utile à l'apprentissage des notions de géologie (qu'est-ce que la lave ? pourquoi est-elle liquide et brûlante ? qu'est-ce qu'une plaque terrestre ?). Autre possibilité : placer des élèves dans une situation imaginaire de survie pour leur faire comprendre et apprendre des notions d'arithmétique... Ainsi pourront-ils imaginer qu'ils doivent fabriquer un piège pour capturer une proie et se nourrir. Le piège, compte tenu de la taille de l'animal, doit avoir un certain périmètre circulaire. L'enseignant peut alors introduire, dans ce cadre, la notion de périmètre d'un cercle et son calcul ! Une nouvelle discipline est à inventer, la pédagogie par la peur ! ■

BIBLIOGRAPHIE

M. GELIN ET AL., Animacy effects in episodic memory: do imagery processes really play a role?, *Memory*, À paraître, 2018.

P. BONIN, Tous descendants de chasseurs-cueilleurs ! Nos cerveaux le savent..., *Edilivre*, 2017.

J. NAIRNE ET J. PANDEIRADA, Adaptive memory: The evolutionary significance of survival processing, *Perspectives on Psychological Science*, vol. 11(4), 2016.

P. BONIN ET AL., Survivre pour se souvenir, Une approche novatrice de la mémoire épisodique: la mémoire adaptative, in *L'Année Psychologique*, vol. 114, pp. 571-610, 2014.

L'ESSENTIEL

● La base de la mémoire est la capacité à associer plusieurs souvenirs à la suite les uns des autres, ce qui tisse un récit continu du passé.

● Des chercheurs ont observé que ce lien s'opère par le partage de neurones communs à plusieurs souvenirs rapprochés dans le temps.

● En manipulant les «neurones partagés» au moyen de molécules ou de lasers, des neuroscientifiques ont réussi à faire ou défaire des associations de souvenirs.

L'AUTEUR



ALCINO SILVA est directeur du Centre intégratif de l'apprentissage et de la mémoire à l'université de Californie, à Los Angeles, aux États-Unis.

Un ballet de neurones en direct

Observer des souvenirs se former dans les neurones du cerveau, et même voir des souvenirs se lier pour, au final constituer la mémoire, c'est aujourd'hui possible.

L

e visage d'un enfant, un canard, un lac... le cerveau doit fusionner les détails mémorisés d'une scène pour les transformer en une expérience réelle, un souvenir, ici le regard d'un enfant qui regardait s'envoler un groupe de canards au milieu des roseaux sur le bord d'un lac.

La mémoire s'appuie sur de nombreux facteurs. En effet, notre survie en tant qu'espèce au

fil des millénaires a dépendu de notre capacité à nous rappeler les bonnes informations – un lion ou un serpent? –, mais aussi le contexte entourant ces informations: a-t-on rencontré le fauve ou le reptile dans la savane africaine, ou au zoo? Selon la réponse, le danger n'est pas le même...

LE LAC, LE LION ET L'INVESTISSEUR

La vie quotidienne recèle d'autres dangers. Par exemple, pour décider d'un investissement financier, on doit tenir compte de ce que l'on sait sur l'honnêteté et la fiabilité du conseiller, sous peine de ruine. Ces divers cas illustrent l'importance non pas des souvenirs en eux-mêmes, mais des liens qui les unissent les uns aux autres. Or on ne s'intéresse aux mécanismes de ces interactions que depuis peu... ➤



> Aujourd'hui, le champ des neurosciences prend à bras-le-corps cette question fondamentale: comment notre cerveau relie-t-il nos souvenirs dans le temps et l'espace? Jusqu'à présent, l'immense majorité des recherches sur la mémoire se sont concentrées sur la manière dont nous acquérons, stockons, récupérons et altérons nos souvenirs individuels. Mais la plupart de ces souvenirs ne sont pas des entités uniques et isolées. Nous savons que le rappel d'un souvenir en ravive un autre, suscitant des séquences qui nous aident à mieux prédire et comprendre le monde qui nous entoure.

Les mécanismes fondamentaux que le cerveau utilise pour créer ces associations de souvenirs commencent à être mieux compris après vingt ans de recherches menées dans plusieurs laboratoires, dont le nôtre. Comprendre les processus physiques mis en jeu dans l'intrication de ces souvenirs aura des conséquences qui, outre la connaissance de nos ressorts intimes, nous aideront peut-être à éviter les troubles de la mémoire mettant à mal notre capacité à former des souvenirs et à les lier les uns aux autres...

L'ARCHITECTE DE LA MÉMOIRE

Nous avons commencé à étudier l'association des souvenirs, au début des années 1990. Un élément déclencheur a été notre découverte, par hasard, de l'«allocation neuronale»: nous nous sommes aperçus que le cerveau utilise des règles spécifiques pour attribuer des fragments d'une information apprise à des groupes séparés de neurones dans des régions cérébrales impliquées dans la formation de la mémoire.

Tout a commencé lors d'une conversation avec Michael Davis, aujourd'hui à l'université Emory, à Atlanta, aux États-Unis. Cet ami et collègue me faisait part de travaux où son équipe manipulait chez des rats un gène nommé *CREB* pour amplifier leur mémoire émotionnelle, par exemple l'association, dans leur mémoire, d'un bip et d'un choc électrique.

Par le passé, mon équipe avait découvert, en collaboration avec d'autres, que le gène *CREB* participe à la formation de la mémoire à long terme. Il remplit cette fonction en codant une protéine qui régule l'expression d'autres gènes nécessaires à la mémoire. Au cours d'un processus d'apprentissage, certaines synapses (les structures cellulaires que les neurones utilisent pour communiquer) se créent, ou se renforcent, de façon à faciliter les échanges entre

neurones. La protéine *CREB* agit comme un architecte moléculaire dans ce processus.

Étonnamment, le groupe de Michael Davis avait réussi à améliorer la mémoire en n'augmentant la production de *CREB* que dans un petit sous-groupe de neurones de l'amygdale, une région cérébrale essentielle pour la mémoire des émotions. Une question me tarauda: comment la mémoire s'était-elle retrouvée dans une poignée de neurones où elle pouvait tirer avantage de quantités plus élevées de *CREB*? Se pouvait-il que la protéine *CREB* non seulement orchestre la formation de souvenirs, mais aide aussi à assurer que les neurones qui la produisent aient plus de chances que les autres de participer à la formation de souvenirs?

En science, trouver les bonnes questions est tout aussi important que d'y répondre. Lors de cette conversation, j'ai compris à quel point les neuroscientifiques connaissaient peu les règles qui assignent un souvenir donné à un groupe de neurones dans les différentes régions cérébrales dédiées à la mémoire. Nous avons donc décidé d'explorer cette question, et nous nous sommes concentrés sur les fonctions de la protéine *CREB* dans deux régions cérébrales clés pour la mémoire: l'amygdale, déjà citée, mais aussi l'hippocampe, crucial dans la mémoire des lieux.

On doit une première percée importante à Sheena Josselyn, désormais à l'université de Toronto, au Canada, qui avait étudié *CREB* dans le laboratoire de Michael Davis. Dans une série d'expériences, elle s'est servie d'un virus pour introduire des exemplaires supplémentaires du gène *CREB* dans certains neurones de l'amygdale de souris. Elle a montré que ces neurones avaient dès lors près de quatre fois plus de chances de stocker des souvenirs effrayants que les cellules voisines.

En 2007, nous avons accumulé les preuves que les souvenirs émotionnels ne sont pas attribués à des neurones au hasard dans l'amygdale. Les cellules qui prennent en charge les souvenirs sont celles qui produisent le plus de protéines *CREB*. Nous avons ensuite montré que cette protéine a une fonction analogue dans d'autres régions du cerveau, dont l'hippocampe et le cortex, la partie la plus externe du cerveau.

Pour confirmer le rôle de la protéine *CREB* dans l'allocation des souvenirs aux différents neurones, nous nous sommes orientés vers des méthodes récentes qui ont bouleversé l'étude de la mémoire ces dernières années. Ces techniques de laboratoire permettent d'activer ou de désactiver des neurones, avec pour effet de raviver un souvenir ou de le maintenir silencieux. C'est grâce à ces outils que

LES NEURONES
SUREXPRIMANT LE
GÈNE *CREB* ONT
QUATRE FOIS PLUS
DE CHANCES
DE STOCKER DES
SOUVENIRS QUE LES
CELLULES VOISINES