

APPRENTISSAGE ET MÉMOIRE: LES INSÉPARABLES DANS LE CERVEAU

* Aline Angéloz. Master neurosciences cognitives, Université de Fribourg, Département de Psychologie.

***Auteure correspondante** : Madame Aline Angéloz aline.angeloz@unifr.ch

Citation: Angéloz, A. (2023). Apprentissage et mémoire: Les inséparables dans le cerveau. Cortica 2(1) 165-169 <https://doi.org/10.26034/cortica.2023.3661>

Pour commencer, il est important de définir les concepts d'apprentissage et de mémoire. L'apprentissage est le processus par lequel les individus acquièrent des connaissances nouvelles ou modifiées, des compétences, des comportements ou encore des préférences (Schachter et al., 2010). Quant à la mémoire, elle se définit comme la faculté à encoder, stocker et récupérer l'information (Squire, 2009). Mémoire et apprentissage sont donc intimement liés puisque pour pouvoir stocker une information en mémoire, il faut l'avoir apprise. Toutefois, la relation inverse n'est pas vraie puisqu'on peut apprendre quelque chose et ne pas s'en souvenir.

L'étude de la mémoire a principalement commencé suite à la description du patient H.M. qui était incapable de créer de nouveaux souvenirs (amnésie antérograde complète) et

de se remémorer de certains éléments rétrograde (amnésie rétrograde partielle) suite à une lobectomie bilatérale médiane temporale. Ce cas clinique a ouvert une porte à de nombreuses autres recherches s'intéressant aux troubles de la mémoire. Des études comportementales et neuroanatomiques ont notamment identifié les structures anatomiques nécessaires à la mémoire déclarative : l'hippocampe (Squire et Zola-Morgan, 1991) ainsi que le cortex entorhinal, périrhinal et parahippocampique.

Plus précisément, l'hippocampe est connu pour être le centre de la mémoire. Toutefois, il ne travaille pas seul mais collabore étroitement avec le cortex et l'amygdale. Il enregistre le quoi, le quand et le comment des différents événements de notre vie, dont certains sont plus marquants que d'autres. En effet, le cerveau priorise la mémorisation des épisodes notamment selon leur saillance

émotionnelle associée. Par exemple, les épisodes négatifs ont tendance à mettre en alerte l'amygdale, qui, par la suite va influencer la transcription de l'épisode faite par l'hippocampe. L'amygdale aide à l'encodage en améliorant la capacité attentionnelle et perceptuelle de la personne face à un événement.

De ce fait, certains facteurs, comme la saillance émotionnelle, biaisent le stockage des souvenirs qui ne sont pas représentés de manière équivalente dans la mémoire. De plus, les souvenirs ne sont pas stockés de la même façon dont ils avaient été encodés puisqu'un processus de réorganisation graduelle entre en jeu. Ils reflètent donc des unités d'expériences subjectives.

De plus, il a également été montré que les ensembles neuronaux contenant une mémoire spécifique (engrammes de la mémoire) sont distribués entre plusieurs régions du cerveau fonctionnellement connectées (complexe d'engramme unifié) (Roy et al., 2022).

L'apprentissage d'anciens engrammes active des ensembles neuronaux et le rappel d'une mémoire spécifique est possible grâce à la réactivation des neurones associés. Ainsi, une certaine mémoire est stockée dans un réseau d'ensemble de cellules connectées et éparpillées dans de multiples régions du cerveau et la consolidation de la mémoire implique des interactions entre l'hippocampe,

l'amygdale, le cortex rétro-splénial et préfrontal. Les souvenirs sont récupérés grâce à la réactivation du même pattern de neurones impliqués lors de l'apprentissage. Alors, notre capacité à apprendre d'une expérience passée dépend de notre capacité à encoder et récupérer des souvenirs grâce aux groupes de neurones qui rejouent les expériences passées lorsque le cerveau est en état de repos.

En effet, le sommeil aide à renforcer les souvenirs formés durant la journée et à faire des liens avec les anciens souvenirs. Il apparait critique dans l'apprentissage et la formation de la mémoire du fait qu'il permette la plasticité structurelle de l'hippocampe. Plus particulièrement, le traitement de la mémoire émotionnelle s'effectue lors de la phase REM du sommeil.

Les théories de la consolidation de la mémoire mettent en avant les changements de la mémoire avec l'âge dans le rôle de différentes régions et des connections entre celles-ci. De nombreuses aires corticales primaires et associatives permettent l'encodage d'informations perceptuelles, motrices et cognitives. Par la suite, ces informations provenant des différents modules corticaux sont intégrées par l'hippocampe qui forme une trace cohérente grâce aux différentes caractéristiques présentes. Certaines études de lésions postulent que les souvenirs et apprentissages deviennent, avec le temps, indépendants de l'hippocampe grâce à la

consolidation des systèmes. L'hippocampe agit comme un stockage temporaire des nouvelles informations, c'est pourquoi la perturbation de la fonction de cette structure affecte plus facilement les souvenirs récents que lointains. Ensuite, un réseau cortical largement distribué entre en jeu afin que le stockage devienne permanent.

Plus spécifiquement, les informations sont encodées par le lobe temporal médial puis la mémoire est réorganisée via des connections bidirectionnelles avec le cortex. Lors de la consolidation, des changements dans la connectivité fonctionnelle cortico-corticale et hippocampique-corticale ont été démontrées (Tallman et al., 2022). Concrètement, la réactivation successive de ce réseau hippocampique-cortical mène à un renforcement progressif des connections cortico-corticales.

Grâce au renforcement de ces connections, les souvenirs et apprentissages sont transférés de l'hippocampe à d'autres zones du cortex dans le cadre de la rétention à long terme (McClelland, McNaughton et O'Reilly, 1995).

Quant à la théorie des traces multiples, celle-ci stipule également que les souvenirs sont encodés dans un réseau hippocampique-cortical mais sans que ceux-ci ne deviennent indépendants de l'hippocampe après encodage (Nadel et al., 2000). Alors, la réactivation d'une trace hippocampique

corrèle avec un rétablissement des modèles d'activité neuronale dans le cortex. Suit à cela une stabilisation et amélioration des circuits entre le cortex et l'hippocampe.

En bref, l'apprentissage et la formation de la mémoire nécessitent l'encodage (« instance learning »), suivi du processus de consolidation afin d'obtenir un souvenir durable qui pourra, par la suite, être récupéré. L'apprentissage et la mémoire peuvent être boostés par la motivation, définie comme un état de désir ou énergie à réaliser une action spécifique déclenchée par des facteurs internes ou externes (Miendlarzewska, Bavelier, & Schwartz, 2016). La motivation est basée sur la valeur de récompense d'une certaine action. Cette récompense va guider l'attention, le comportement et ainsi améliorer la consolidation de la mémoire. Il a été démontré que lorsque l'activité du système de récompense est corrélée avec celle de l'hippocampe, l'intégration en mémoire est améliorée.

Comme vu précédemment, l'apprentissage est modulé par la motivation, elle-même influencée par certains facteurs, dont les facteurs externes. Les humains étant des êtres sociaux, la cognition humaine est façonnée par un apprentissage et une mémoire collective. Dans notre société, les réseaux sociaux humains sont constitués de topologies diverses utiles aux différents modes de cognition et comportements collectifs. Les êtres humains partagent des

informations afin de synchroniser leurs connaissances et croyances ou dans le but de découvrir, d'acquérir d'autres connaissances. En effet, partager des souvenirs faciliterait la formation d'une identité de groupe, favorisant ainsi l'action collective.

Dans une étude s'intéressant à la cognition humaine collective (Momennejad, 2022), il a été démontré que les changements de la similarité mnémonique des souvenirs des participant-e-s sont déterminés par l'organisation topologique des participant-e-s et l'ordre dans lequel ils-elles ont interagit les un-e-s avec les autres. La topologie des réseaux sociaux joue aussi un rôle dans l'alignement des croyances chez des participant-e-s, même si ces derniers n'ont pas directement communiqué entre eux. Également, les comportements peuvent être influencés par la topologie du réseau de communication. Toutefois, l'influence qu'une personne peut avoir sur une autre dépend notamment de leur relation réciproque, de leur proximité sociale. De cela s'ensuit la question d'hypothétique de similarité des signaux cérébraux des membres d'une communauté. Effectivement, les êtres humains sont capables de se retrouver dans un réseau social complexe en faisant des connections entre les différentes relations qui permettent de lier mentalement les personnes.

Des expériences en IRMf ont démontré que le cerveau humain encode la topologie des liens immédiats puis du réseau social et que les

signaux neuronaux d'amis avec une distance géodésique plus petite se ressemblent d'avantage comparé aux réponses neuronales de personnes ayant un lien plus éloigné. Une exception concerne les membres centraux, influents d'un réseau. L'activité cérébrale des membres d'une communauté corrèle avec le membre central de cette dernière, bien que la distance géodésique entre eux soit plus élevée.

En conclusion, les souvenirs, comportements et croyances des humains coïncident avec ceux de leurs relations sociales ainsi qu'avec les membres de leur communauté, même s'ils n'ont jamais eu de contact direct entre eux. Selon une expérience menée par Dunbar et Schultz (2007), la similarité des réponses cérébrales des participant-e-s corrèle positivement avec les liens amicaux dans un groupe. De plus, la capacité à encoder la topologie des liens sociaux plus éloignés met en avant la capacité du cerveau à apprendre des topologies non-sociales, notamment des cartes cognitives.

Références

- Dunbar, R. I. M. & Shultz S. (2007). Evolution in the social brain. *Science*, 317(5843), 1344–1347. DOI: [10.1126/science.1145463](https://doi.org/10.1126/science.1145463)
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in

- the hippocampus and neocortex: insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological review*, 102(3), 419. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.3.419>
- Miendlarzewska, E. A., Bavelier, D., & Schwartz, S. (2016). Influence of reward motivation on human declarative memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, 156-176. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.11.015>
- Momennejad, I. (2022). Collective minds: social network topology shapes collective cognition. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 377(1843), 20200315. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0315>
- Nadel, L., Samsonovich, A., Ryan, L., & Moscovitch, M. (2000). Multiple trace theory of human memory: computational, neuroimaging, and neuropsychological results. *Hippocampus*, 10(4), 352-368. [https://doi.org/10.1002/1098-1063\(2000\)10:4<352::AID-HIPO2>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1098-1063(2000)10:4<352::AID-HIPO2>3.0.CO;2-D)
- Roy, D. S., Park, Y.-G., Kim M. E., Zhang, Y., Ogawa, S. K., DiNapoli, N., Gu, X., Cho, J. H., Choi, H., Kamentsky, L., Martin, J., Mosto, O., Aida, T., Chung, K. & Tonegawa, S. (2022). Brain-wide mapping reveals that engrams for a single memory are distributed across multiple brain regions. *Nature communications*, 13(1), 1799. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29384-4>
- Schachter et al. (2010). In *What are the learning buildings blocks in the brain?* Learning & Memory : Neuroscience perspectives (2022).
- Squire, L. R. (2009). Memory and brain systems: 1969–2009. *Journal of Neuroscience*, 29(41), 12711-12716. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3575-09.2009>
- Squire, L. R., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253(5026), 1380-1386. DOI: 10.1126/science.1896849
- Tallman, C. W., Clark, R. E., Smith, C. N. (2022). Human brain activity and functional connectivity as memories age from one hour to one month. *Cognitive neuroscience*, 13(3-4), 115–133. <https://doi.org/10.1080/17588928.2021.2021164>
- on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>