

# COMMENT LES CERVEAUX HUMAINS ENCODENT-ILS LEURS PROPRES PROCESSUS D'APPRENTISSAGE ET DE MÉMORISATION ET COMMENT LA TOPOLOGIE DU RÉSEAU SOCIAL ÉLARGI D'UNE PERSONNE PRÉSENTE-T-ELLE DES SCHÉMAS NEURONAUX SIMILAIRES À CEUX DE SES AMI-E-S ET COMMUNAUTÉS ?

Tania Sauteur

Master en Psychologie, Neurosciences cognitive, Université de Fribourg, Suisse

\***Auteure correspondante** : Tania Sauteur [tania.sauteur@unifr.ch](mailto:tania.sauteur@unifr.ch)

**Citation** : Sauteur, T. (2023). Comment les cerveaux humains encodent-ils leurs propres processus d'apprentissage et de mémorisation et comment la topologie du réseau social élargi d'une personne présente-t-elle des schémas neuronaux similaires à ceux de ses ami-e-s et communautés ? *Cortica* 2(2)157-163 <https://doi.org/10.26034/cortica.2023.4208>

## Résumé

Le présent *Cortica Journal Club* permet d'explorer les fondements sous-jacents de l'apprentissage et de la mémoire, éclairant comment ces processus se reflètent et interagissent avec la topologie des réseaux sociaux élargis. En effet, les cerveaux humains évaluent instinctivement la position des individus au sein de leur réseau social. Les similitudes dans les réponses cérébrales sont corrélées à la force des liens d'amitié, tandis que la compréhension de la structure globale du réseau reflète l'assimilation de topologies à la fois sociales et cognitives. A l'avenir, la combinaison de méthodes

expérimentales et informatiques pourrait permettre d'explorer l'évolution des réseaux neuronaux en parallèle de la capacité de comprendre des groupes étendus, afin d'éclairer leurs rôles divers et leurs effets collectifs. L'identification des réseaux neuronaux partagés, agissant comme des guides pour la compréhension des structures tant sociales que non sociales, pourrait grandement enrichir notre compréhension de la cognition collective et de l'évolution culturelle

**Mots clés** : Apprentissage, mémoire, réseaux sociaux, amis, neurosciences cognitive, neurosciences affective, réseaux de neurones



## Abstract

This *Cortica Journal Club* explores the underlying foundations of learning and memory, illuminating how these processes reflect and interact with the topology of broader social networks. Indeed, human brains instinctively assess the position of individuals within their social network. Similarities in brain responses are correlated with the strength of friendship bonds, while understanding the overall network structure reflects the assimilation of both social and cognitive topologies. In the future, the combination of experimental and computational methods could explore the evolution of neural networks alongside the ability to understand large groups, to shed light on their diverse roles and collective effects. Identifying shared neural networks, acting as guides for understanding both social and non-social structures, could greatly enrich our understanding of collective cognition and cultural evolution.

**Keywords:** Learning, memory, social networks, friends, cognitive neuroscience, affective neuroscience, neural networks

## INTRODUCTION

Au cœur des interrogations sur la cognition humaine réside une question captivante : comment nos cerveaux, maîtres

de l'apprentissage et de la mémoire, créent-ils des souvenirs au sein de réseaux sociaux humains ? Les événements façonnant notre mémoire collective semblent entrelacés avec notre cognition individuelle, liant nos souvenirs personnels aux schémas neuronaux de notre entourage. De l'histoire commune aux avancées technologiques, ces fils invisibles relient nos esprits. À travers le prisme des neurosciences et des sciences cognitives, plongeons dans les mystères des processus de mémorisation, d'apprentissage et de la dynamique interne qui relie nos esprits aux vastes réseaux sociaux humains qui nous entourent.

Débutons avec la première partie de la question de recherche. Comment évoquer ces fonctions cognitives que sont la mémoire et l'apprentissage – notions centrales de ce travail – sans les conceptualiser ? Commençons par la mémoire que Squire (2009) définit comme « la faculté d'encoder, de stocker et de restituer des informations » (p. 12711). Il s'avère que les chercheuses ont acquis une connaissance approfondie de la neurobiologie, de la structure et des limitations des différents types de mémoire (Tallman et al., 2022).

L'apprentissage, résumé par Schachter et al. (2010) comme « le processus d'acquisition de nouvelles connaissances ou de modification des connaissances, compétences, comportements ou préférences », est également au cœur de

notre cognition. Ces fonctions interconnectées s'inscrivent dans des réseaux de communication humains, où la mémoire et l'apprentissage ne sont pas des entités isolées, mais des processus modelés et façonnés par des interactions complexes (Momennejad, 2021). L'analyse de ces réseaux, telle que proposée par Easley et Kleinberg (2010), éclaire l'émergence des connaissances collectives au sein de groupes sociaux.

Explorons à présent les fondements neuronaux des processus d'encodage de l'apprentissage et de la mémorisation. Ces fonctions sont générées et entretenues par des relations neuronales en développement perpétuel. En effet, les gènes et les modifications épigénétiques jouent un rôle dans la formation cérébrale, tandis que l'éducation peut renforcer ou altérer les compétences innées (Bueno, 2019). L'hippocampe, logé profondément dans le lobe temporal médial, joue un rôle essentiel en enregistrant les éléments clés de nos expériences liées au *quoi*, *quand* et *où* (Lesburgueres, 2009). En étroite collaboration avec le cortex et l'amygdale, l'hippocampe orchestre le stockage et la récupération des souvenirs, adaptant sa fonction à la complexité croissante de l'apprentissage (Tallman et al., 2022). Au fil du temps, la consolidation de la mémoire induit des modifications dans la connectivité entre le cortex et l'hippocampe. Cette dynamique

révèle une réactivation continue du réseau hippocampo-cortical, renforçant les liens entre les régions cérébrales pour une rétention à long terme des souvenirs (Feldman, 2019).

Continuons avec la relation étroite entre l'apprentissage et la mémorisation qui s'entremêlent au sein d'une toile neurale complexe, exposant la neuroplasticité du cerveau. L'étude de Roy et al. (2022) l'illustre en montrant que l'assimilation de nouvelles informations – c'est-à-dire en situation d'apprentissage – engendre des transformations synaptiques qui régulent l'expression génique et la formation de nouveaux circuits neuronaux. Ces processus reposent sur des moments clés tels que le sommeil, qui joue un rôle dans la plasticité synaptique et structurelle, et par là même, affecte la mémoire et l'apprentissage (Harand et al., 2012; Raven et al., 2017). De manière spécifique, les oscillations électriques nommées « sharp-wave-ripples » (SWR), qui se manifestent dans l'hippocampe et durant le sommeil, réactivent les expériences passées, renforcent les souvenirs et favorisent l'anticipation future en s'appuyant sur les expériences antérieures (Wein, 2015).

Dans le but d'approfondir, l'activité et la connectivité neuronales semblent également évoluer, comme cela a été confirmé par Tallman et al. (2022), qui ont

révélé que la précision, la validité et les temps de réponse des souvenirs varient en fonction de leur « âge » (1 heure, 1 jour, 1 semaine ou 1 mois). Bien que l'activité hippocampique n'ait pas montré de corrélation avec l'âge des souvenirs dans cette étude, l'activité cérébrale du réseau cortical étendu a manifesté des variations en lien avec ce paramètre. De plus, la littérature sur le sujet a démontré que les souvenirs ont la capacité de remodeler progressivement le néocortex. De surcroît, le vieillissement entraîne des altérations de la mémoire, de l'architecture du sommeil ainsi que des changements cérébraux et neurochimiques (Harand et al., 2012). Ces modifications de la connectivité cérébrale liées à l'âge ne sont pas propres à l'être humain, puisque des études sur des animaux ont également révélé des changements dans la connectivité entre les régions de l'hippocampe et du néocortex en relation avec l'âge des souvenirs (Wheeler et al., 2013; Wirt & Hyman, 2019).

Poursuivons avec la deuxième partie de la question de recherche en nous interrogeant sur la manière dont la topologie du réseau social élargi d'une personne présente des schémas neuronaux similaires à ceux de ses ami-e-s et de sa communauté. La topologie des réseaux sociaux concerne la manière dont les individus se connectent et interagissent au sein d'un groupe, influençant la diffusion des informations et des connaissances (Momennejad, 2021). Dans ce

contexte, le cortex préfrontal médial et le complexe hippocampo-entorhinal sont les principales régions cérébrales impliquées dans la perception des structures topologiques (Schapiro et al., 2017).

Plus précisément, les réseaux sociaux humains, qu'ils prennent la forme de groupes d'ami-e-s ou de vastes communautés, peuvent être considérés comme des reflets neuronaux, soulevant ainsi des questions sur l'influence de la topologie du réseau social sur les réponses cérébrales. Pour donner des exemples de ce type d'influence, la contagion émotionnelle révèle comment les émotions se propagent à travers ces réseaux, transcendant les frontières individuelles (Berthoz, 2012). De plus, l'homophilie, tendance à nouer des liens avec des personnes partageant des similitudes (comportementales, physiques ou socio-démographiques), peut influencer l'adoption de comportements au sein de groupes (Centola, 2010, 2011).

Les souvenirs partagés au sein de cercles intimes ou communautés contribuent à façonner l'identité collective (Momennejad, 2021). Parkinson et al. (2017) suggèrent même que notre évolution neuronale s'est adaptée à la navigation au sein de réseaux sociaux complexes, comme en témoigne l'activation mentale des configurations de

réseau lors de l'observation de photos de groupe.

Si nous étendons cette question au champ de la neuroimagerie, plusieurs études en imagerie cérébrale donnent des éléments de réponse. Des recherches en IRMf ont exploré les corrélations cérébrales entre membres d'une communauté visionnant des vidéos dans un scanner. En cartographiant les réseaux sociaux et en mesurant la centralité des individus, Parkinson et al. (2018) ont lié similitudes neuronales aux proximités sociales. D'autres explorations ont montré que les réponses cérébrales étaient plus semblables entre ami-e-s proches, tandis que les membres influents (c'est-à-dire avec une position sociale centrale) montraient des activations cérébrales similaires, appelées "influence neuronale" (Sievers et al., 2020).

Si nous focalisons notre attention sur la relation entre la topologie du réseau et la mémoire collective, nous observons que cette relation est reflétée par divers mécanismes. Par exemple, la similitude mnémotechnique, qui implique le partage de souvenirs similaires, émerge d'expériences et interactions partagées, conduisant à la convergence des contenus mnémoniques (Luhmann & Rajaram, 2013).

Cette convergence est particulièrement marquée dans les réseaux à topologie

dispersée de faible diamètre (relations proches), en comparaison avec les structures plus groupées (relations éloignées) (Coman et al., 2016). Les simulations informatiques aident à comprendre ces interactions dans diverses configurations de réseaux humains (Momennejad et al., 2019). Par exemple, l'étude menée par Coman et al. (2016) démontre que la convergence des souvenirs dépend à la fois des interactions individuelles et de la configuration du réseau. De plus, la topologie des réseaux sociaux a une influence sur les croyances, comme l'illustre Vlasceanu et al. (2021), montrant comment les opinions façonnent les comportements collectifs (Momennejad, 2021).

En conclusion, ce travail permet d'explorer les fondements sous-jacents de l'apprentissage et de la mémoire, éclairant comment ces processus se reflètent et interagissent avec la topologie des réseaux sociaux élargis. En effet, les cerveaux humains évaluent instinctivement la position des individus au sein de leur réseau social.

Les similitudes dans les réponses cérébrales sont corrélées à la force des liens d'amitié, tandis que la compréhension de la structure globale du réseau reflète l'assimilation de topologies à la fois sociales et cognitives. A l'avenir, la combinaison de méthodes expérimentales et informatiques pourrait permettre d'explorer l'évolution des réseaux neuronaux en parallèle de la capacité de

comprendre des groupes étendus, afin d'éclairer leurs rôles divers et leurs effets collectifs.

L'identification des réseaux neuronaux partagés, agissant comme des guides pour la compréhension des structures tant sociales que non sociales, pourrait grandement enrichir notre compréhension de la cognition collective et de l'évolution culturelle.

## Références

- Berthoz, A. (2012). Bases neurales de la décision. Une approche de neurosciences cognitives. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 170(2), 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2012.01.002>
- Bueno, D. (2019). Genetics and Learning : How the Genes Influence Educational Attainment. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01622>
- Centola, D. (2010). The Spread of Behavior in an Online Social Network Experiment. *Science (New York, N.Y.)*, 329, 1194-1197. <https://doi.org/10.1126/science.1185231>
- Centola, D. (2011). An Experimental Study of Homophily in the Adoption of Health Behavior. *Science (New York, N.Y.)*, 334, 1269-1272. <https://doi.org/10.1126/science.1207055>
- Coman, A., Momennejad, I., Drach, R. D., & Geana, A. (2016). Mnemonic convergence in social networks: The emergent properties of cognition at a collective level. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(29), 8171-8176. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525569113>
- Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, Crowds, and Markets : Reasoning about a Highly Connected World*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511761942>
- Feldman, L. (2019). Survival : The first 3.8 billion years. *Nature*, 572(7770), 437-438. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02475-x>
- Harand, C., Bertran, F., Doidy, F., Guénoilé, F., Desgranges, B., Eustache, F., & Rauchs, G. (2012). How aging affects sleep-dependent memory consolidation? *Frontiers in Neurology*, 3, 8. <https://doi.org/10.3389/fneur.2012.00008>
- Lesburgueres, E. (2009). *Implication fonctionnelle de l'interface hippocampo-corticale dans le processus de consolidation systémique de la mémoire associative non spatiale chez le rat : Contribution du mécanisme d'étiquetage neuronal* [Thèse de doctorat, Bordeaux 1]. <https://www.theses.fr/2009BOR13982>
- Luhmann, C., & Rajaram, S. (2013). Mnemonic Diffusion: An Agent-Based Modeling Investigation of Collective Memory. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 35(35). <https://escholarship.org/uc/item/2v41f1j3>
- Momennejad, I. (2021). Collective minds : Social network topology shapes collective cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 377(1843), 20200315. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0315>
- Momennejad, I., Sinclair, S., & Cikara, M. (2019). *Computational Justice : Simulating Structural Bias and Interventions*. <https://doi.org/10.1101/776211>
- Parkinson, C., Kleinbaum, A. M., & Wheatley, T. (2017). Spontaneous neural encoding of social network position. *Nature Human Behaviour*, 1(5), 0072. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0072>
- Parkinson, C., Kleinbaum, A. M., & Wheatley, T. (2018). Similar neural responses predict friendship. *Nature Communications*, 9(1), 332. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02722-7>
- Raven, F., Van der Zee, E., Meerlo, P., & Havekes, R. (2017). The role of sleep in regulating structural plasticity and synaptic strength : Implications for memory and cognitive

- function. *Sleep Medicine Reviews*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2017.05.002>
- Roy, D. S., Park, Y.-G., Kim, M. E., Zhang, Y., Ogawa, S. K., DiNapoli, N., Gu, X., Cho, J. H., Choi, H., Kametsky, 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), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29384-4>
- Schapiro, A., Turk-Browne, N., Botvinick, M., & Norman, K. (2017). Complementary learning systems within the hippocampus : A neural network modelling approach to reconciling episodic memory with statistical learning. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 372. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0049>
- Sievers, B., Welker, C., Hasson, U., Kleinbaum, A., & Wheatley, T. (2020). *How consensus-building conversation changes our minds and aligns our brains*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/562z7>
- 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>
- 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>
- Vlasceanu, M., Morais, M. J., & Coman, A. (2021). Network structure impacts the synchronization of collective beliefs. *Journal of Cognition and Culture*, 21(5), 431-448. <https://doi.org/10.1163/15685373-12340120>
- Wein, H. (2015, mai 15). *Mental Replay in Learning and Memory*. National Institutes of Health (NIH). <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/mental-replay-learning-memory>
- Wheeler, A. L., Teixeira, C. M., Wang, A. H., Xiong, X., Kovacevic, N., Lerch, J. P., McIntosh, A. R., Parkinson, J., & Frankland, P. W. (2013). Identification of a functional connectome for long-term fear memory in mice. *PLoS Computational Biology*, 9(1), e1002853. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002853>
- Wirt, R. A., & Hyman, J. M. (2019). ACC Theta Improves Hippocampal Contextual Processing during Remote Recall. *Cell Reports*, 27(8), 2313-2327.e4. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.04.080>