

## CERVEAU

---

# La mémoire et le développement précoce du cerveau

<sup>1</sup>Thanujeni Pathman, Ph.D., <sup>2</sup>Patricia J. Bauer, Ph.D.

<sup>1</sup>York University, Canada; <sup>2</sup>Emory University, États-Unis

Juin 2020, Éd. rév.

### Introduction

La mémoire est une capacité fondamentale qui joue un rôle vital dans le fonctionnement social, affectif et cognitif. Nos souvenirs sont le fondement de notre sentiment d'identité, ils guident nos pensées et nos décisions, influencent nos réactions émotionnelles et nous permettent d'apprendre. En ce sens, la mémoire est essentielle à la [cognition](#) et au développement cognitif. Pourtant, historiquement, il était suggéré que les enfants de moins de trois ou quatre ans étaient incapables de former des représentations stables des événements et, par conséquent, ne parvenaient pas à s'en souvenir. Cette croyance découlait en partie des résultats indiquant que les adultes se souviennent rarement des événements personnels datant d'avant l'âge de trois ans et demi (un phénomène connu sous le nom d'[amnésie infantile ou de l'enfance](#)). Cependant, la recherche auprès de nourrissons et de jeunes enfants a clairement montré qu'ils en étaient capables et qu'ils se créent des souvenirs des événements. Cette recherche combinée à des études en neurosciences comportementales (utilisant des modèles animaux) et en neurosciences développementales (utilisant [l'électrophysiologie](#) et la [neuroimagerie](#)), nous a permis d'avoir un aperçu sur la façon dont la mémoire, et les structures du cerveau qui la soutiennent, évoluent

avec le développement.

## Sujet

Il y a plusieurs façons de diviser le construit de la mémoire. Par exemple, nous distinguons la **mémoire de travail**, qui permet de retenir des représentations pendant quelques secondes, et la **mémoire à long terme**, qui permet de se remémorer des événements tout au long de la vie. La mémoire à long terme peut être divisée à nouveau en deux types : non déclarative (ou implicite) et déclarative (ou explicite). Les souvenirs non déclaratifs sont inaccessibles à la conscience et incluent les habiletés d'apprentissage (p. ex., savoir comment faire du vélo) et l'amorçage (c.-à-d. la facilitation du traitement d'un stimulus en fonction d'une expérience antérieure à ce dernier). La mémoire non déclarative est présente pratiquement depuis la naissance. Par exemple, les nourrissons manifestent un traitement plus fiable des visages qu'ils ont déjà vus que des nouveaux visages. Cependant, lorsque la plupart des personnes pensent à la mémoire ou « au fait de se souvenir », ils pensent aux souvenirs déclaratifs. La mémoire déclarative nécessite de se souvenir consciemment et comprend la reconnaissance et la remémoration des noms, des objets et des événements. Ce chapitre est une recension des connaissances sur le développement de la mémoire déclarative chez les nourrissons dont le développement est typique, et sur les relations entre la mémoire déclarative et le développement du cerveau.

## Problèmes

L'étude du développement de la mémoire déclarative et des zones du cerveau qui la soutiennent est un défi pour plusieurs raisons. Le premier problème auquel les chercheurs doivent faire face est de savoir comment mesurer avec fiabilité la mémoire déclarative chez les **enfants d'âge préverbal**. Les tests traditionnels sur la mémoire déclarative reposent sur des rapports verbaux et sont donc plus adaptés pour des enfants plus âgés et pour les adultes. Deuxièmement, il est difficile d'associer le comportement avec le cerveau. Les chercheurs doivent déterminer si le moment où ont lieu les changements de comportement correspond au moment où se produisent des changements dans le cerveau. Enfin, les chercheurs doivent rendre les tests qui mesurent le comportement et le fonctionnement du cerveau sensibles aux déficits potentiels.

## Contexte de la recherche

Les nourrissons et les jeunes enfants connaissent un développement rapide de leur cerveau. Lorsqu'on examine le poids du cerveau de la naissance à la vieillesse, le plus grand changement

de son poids se produit au cours de la première année de vie.<sup>1</sup> Cependant, ce ne sont pas toutes les parties du cerveau qui se développent en même temps<sup>2</sup> et certaines régions se développent plus lentement. Ceci est particulièrement vrai pour les zones du cerveau concernées par la mémoire déclarative. L'**hippocampe**, une structure du cerveau située dans le **lobe temporal médian** nécessaire à la formation des souvenirs déclaratifs, se forme avant la naissance.<sup>3,4</sup> Pourtant les cellules situées dans le **gyrus denté** de l'hippocampe, une zone qui relie la structure aux **régions corticales** du cerveau, ne semblent atteindre la maturité que bien après la naissance.<sup>5,6</sup> D'autres changements structurels plus subtils se poursuivent même tard dans l'enfance.<sup>7</sup> Une autre zone du cerveau impliquée dans la fonction mnésique est le **cortex préfrontal**. La densité des **synapses** dans cette zone augmente dramatiquement vers 8 mois et atteint son maximum entre 15 et 24 mois.<sup>8</sup> Des changements ont toujours lieu après cette période et ce, jusqu'à l'adolescence.<sup>9,10</sup> Dans l'ensemble, nous constatons des changements considérables dans les zones du cerveau impliquées dans la mémoire au cours des deux premières années de la vie.

### Questions clés pour la recherche

1. Comment se développe la mémoire à long terme? Quels changements comportementaux observe-t-on dans le rendement mnésique chez le nourrisson et pendant la petite enfance?
2. En quoi les changements au niveau du rendement mnésique sont-ils liés aux changements postnataux du cerveau?

### Récents résultats de recherche

Les chercheurs ont utilisé *l'imitation déclenchée* pour évaluer la mémoire déclarative chez les enfants d'âge préverbal. L'imitation déclenchée consiste à présenter aux nourrissons de nouveaux objets et à leur montrer comment les utiliser afin de créer de courts « événements », comme par exemple faire sonner une cloche. Immédiatement après, ou après un délai, les nourrissons ont l'occasion d'imiter les actions montrées. La mémoire est évaluée en comparant le nombre d'actions (les actions individuelles et les actions dans un ordre temporel exact) aux nombres des actions effectuées pendant la performance de base (avant le modelage).<sup>11,12</sup> Les chercheurs ont utilisé ce paradigme avec des nourrissons âgés d'aussi peu que six mois et ont découvert qu'en vieillissant, les nourrissons s'en souviennent pour une plus longue période de temps. Par exemple, les nourrissons de six mois se souviennent des actions pendant 24 heures (mais pas 48 heures), les nourrissons de neuf mois s'en souviennent pendant un mois (mais pas trois mois) et vers 20 mois, les nourrissons s'en souviennent pendant aussi longtemps qu'un an. De plus, avec l'âge,

l'effet devient de plus en plus fiable—un plus grand nombre de nourrissons dans chaque groupe d'âge successif montre des preuves de souvenir (voir la référence 13<sup>13</sup> pour une recension).

En termes généraux, la chronologie des améliorations de la mémoire avec l'âge (indexée en fonction du comportement) correspond à celle du développement du cerveau. Tard au cours de la première année de vie, les structures du lobe temporal médian sont fonctionnellement matures et il y a une augmentation de la densité des synapses dans le cortex préfrontal. Cela correspond à l'amélioration des capacités de souvenir des nourrissons vers la fin de la première année de vie. D'autres améliorations en ce qui a trait à la fiabilité des souvenirs se produisent au cours de la deuxième année de la vie, correspondant à l'augmentation continue de la formation des synapses dans le cortex préfrontal et dans le gyrus denté.<sup>14</sup>

### **Lacunes de la recherche**

Nous avons fait beaucoup de progrès en matière de connaissances sur la mémoire et le développement du cerveau chez les nourrissons, cependant, il y a encore énormément de choses que nous ignorons. Nous avons besoin de plus d'information sur la chronologie du développement des zones de la mémoire dans le cerveau humain. Bien qu'il y ait eu beaucoup de progrès réalisés récemment, la plupart des informations proviennent des modèles animaux (des rongeurs et des primates non humains), il n'est donc pas clair à quel point cette chronologie s'appliquerait au développement du cerveau humain. D'autres travaux en neuroscience développementale aideraient à combler cette lacune. Les études qui lient les mesures comportementales de la mémoire à l'activité du cerveau sont essentielles à une compréhension totale du développement de la mémoire déclarative. Les progrès en la matière proviennent de la recherche qui établit un lien entre les **potentiels évoqués** (PE, une technique électrophysiologique qui mesure l'activité du cerveau associée à des stimuli spécifiques) et la robustesse du souvenir comportemental chez les nourrissons.<sup>15</sup> D'autres travaux utilisant cette technique et les techniques de la neuroimagerie, ciblant plusieurs âges et différents types de mesures de la mémoire, seront utiles.

### **Conclusions**

La capacité de créer des souvenirs et de s'en rappeler est une part essentielle de l'expérience humaine. Historiquement, on pensait que les nourrissons ne possédaient pas cette capacité. Le recours à une tâche non verbale a permis aux chercheurs de contester et d'infirmer cette hypothèse. La mémoire déclarative est apparente au cours de la première année de la vie, comme en témoignent le comportement sur des tâches non verbales basées sur l'imitation. Elle

se développe considérablement au cours de la première et de la deuxième année de la vie. Il y a synchronisation des améliorations du rendement qui correspondent aux changements dans le cerveau en développement. Par exemple, l'augmentation de la production des synapses dans les zones du cerveau impliquées dans la mémoire correspond à peu près aux âges auxquels on observe des améliorations mnésiques. La recherche qui combine les mesures du traitement neural (évalué à l'aide des PE) et le comportement (évalué à l'aide de l'imitation) promet de mieux résoudre la question des relations entre le développement du cerveau et celui du comportement. D'autres travaux sont nécessaires pour mieux comprendre le développement du cerveau humain et pour le relier au rendement de la mémoire en bas âge et au-delà.

## Implications

Cette recherche a des implications théoriques et pratiques. Premièrement, les travaux informeront la littérature sur la mémoire adulte—il n'est pas possible de comprendre entièrement l'état de maturité finale d'une fonction sans en comprendre le commencement. De plus, cette recherche s'ajoute à la littérature sur l'amnésie infantile. Les nourrissons sont capables de se former des souvenirs, même si à l'âge adulte, ils sont incapables de se les remémorer. Les travaux ont aussi des implications pratiques. Lorsque nous comprenons le développement normal des zones du cerveau associées à la mémoire et les capacités mnésiques normales des nourrissons, nous pouvons appliquer cette connaissance à des populations spéciales à risque. Par exemple, les nourrissons nés de mères qui ont des problèmes de contrôle glycémique pendant la grossesse sont plus susceptibles d'avoir une [carence en fer au cerveau lors de la période périnatale](#), ce qui peut avoir des conséquences nuisibles pour le développement normal de l'hippocampe. Ces nourrissons présentent des déficiences en rappel différé comparés aux nourrissons du groupe témoin du même âge.<sup>16</sup> Les autres groupes qui ont des déficiences en [rappel différé](#) sont les nourrissons adoptés dans les orphelinats internationaux et les nourrissons prématurés en bonne santé.<sup>17</sup> En augmentant notre compréhension des relations entre le cerveau et le comportement, nous serons en mesure de mettre au point des interventions pour aider les nourrissons et les enfants de ces groupes à risque.

## Références

1. Dekaban AS. Changes in brain weights during the span of human life: relation of brain weights to body heights and body weights. *Annals of Neurology* 1978;4(4):345-356.
2. Holland D, Chang L, Ernst TM, Curran M, Buchthal SD, Alicata D, Skranes J, Johansen H, Hernandez A, Yamakawa R, Kuperman JM, Dale AM. Structural growth trajectories and rates of change in the first 3 months of infant brain development. *JAMA Neurology* 2014;71(10):1266-1274.

3. Kier EL, Kim JH, Fulbright RK, & Bronen RA. Embryology of the human fetal hippocampus: MR imaging, anatomy, and histology. *American Journal of Neuroradiology* 1997; 18, 525-532.
4. Ge X, Shi Y, Li J, Zhang Z, Lin X, Zhan J, Ge H, Xu J, Yu Q, Leng Y, Teng G, Feng L, Meng H, Tang Y, Zang F, Toga AW, Liu S. Development of the human fetal hippocampal formation during early second trimester. *NeuroImage* 2015;119:33-43.
5. Seress L, Abraham H. Pre- and postnatal morphological development of the human hippocampal formation. In: Nelson CA, Luciana M, eds. *Handbook of developmental cognitive neuroscience*. 2<sup>nd</sup> edition. Cambridge, MA: MIT Press; 2008:187-212.
6. Bachevalier J. The development of memory from a neurocognitive and comparative perspective. In: Bauer PJ, Fivush R, eds. *Wiley-Blackwell Handbook on the Development of Children's Memory* 2014;1:285-308.
7. DeMaster D, Pathman T, Lee JK, Ghetti S. Structural development of the hippocampus and episodic memory: developmental differences along the anterior/posterior axis. *Cerebral Cortex* 2014;24:3036-3045.
8. Huttenlocher PR. Synaptic density in human frontal cortex: Developmental changes and effects of aging. *Brain Research* 1979;163(2):195-205.
9. Benes FM. The development of prefrontal cortex: The maturation of neurotransmitter systems and their interactions. In: Nelson CA, Luciana M, eds. *Handbook of developmental cognitive neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press; 2001:79-92.
10. Yu Q, McCall, DM, Homayouni R, Tang L, Chen Z, Schoff D, Nishimura M, Raz S, Ofen N. Age-associated increase in mnemonic strategy use is linked to prefrontal cortex development. *Neuroimage* 2018;181:162-169.
11. Bauer PJ, Wenner JA, Dropik PL, Wewerka SS. Parameters of remembering and forgetting in the transition from infancy to early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development* 2000;65(4).
12. Lukowski AF., Milojevich HM. Examining recall memory in infancy and early childhood using the elicited imitation paradigm. *Journal of Visualized Experiments* 2016;110:53347.
13. Bauer PJ. Constructing a past in infancy: a neuro-developmental account. *Trends in Cognitive Sciences* 2006;10(4):175-181.
14. Bauer PJ. Getting explicit memory off the ground: Steps toward construction of a neuro-developmental account of changes in the first two years of life. *Developmental Review* 2004;24(4):347-373.
15. Bauer PJ, Wiebe SA, Carver LJ, Lukowski, AG, Haight JC, Waters JM, Nelson CA. Electrophysiological indexes of encoding and behavioural indexes of recall: Examining relations and developmental change late in the first year of life. *Developmental Neuropsychology* 2006;29(2):293-320.
16. DeBoer T, Wewerka S, Bauer PJ, Georgieff, MK, Nelson CA. Explicit memory performance in infants of diabetic mothers at 1 year of age. *Developmental Medicine and Child Neurology* 2005;47(8):525-531.
17. Bauer PJ. *Remembering the times of our lives: Memory in infancy and beyond*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2007.