

Sous la direction de  
**Anik de RIBAUPIERRE, Paolo GHISLETTA, Thierry LECERF, Jean-Luc ROULIN**

# Identité et spécificités de la psychologie différentielle

**© Presses Universitaires de Rennes**  
UHB Rennes 2 – Campus de la Harpe  
2, rue du doyen Denis-Leroy  
35044 Rennes Cedex  
*www.pur-editions.fr*

Mise en pages : idbleu

ISBN 978-2-7535-0977-1  
Dépôt légal : 1<sup>er</sup> semestre 2010

# Composantes stratégique et associative de la mémoire épisodique : une évolution différenciée au cours de la vie

*Ulman LINDENBERGER<sup>1</sup>, Yee Lee SHING<sup>1</sup>, Markus WERKLE-BERGNER<sup>1</sup>,  
Shu-Chen LI<sup>1</sup>, et Bruno DAUVIER<sup>2</sup>*

## Introduction<sup>3</sup>

La mémoire épisodique consiste en un ensemble de processus qui permettent de se souvenir d'événements dans leur contexte spatio-temporel. L'intégration du contenu central et des composantes contextuelles d'un événement dans une représentation mnésique intégrée est cruciale pour son fonctionnement (Tulving, 1972). Récemment, les chercheurs qui s'intéressent à la mémoire ont tenté de mieux comprendre les mécanismes par lesquels les expériences qui impliquent un contenu riche et des spécificités contextuelles sont reliées sous forme d'épisodes intégrés dans la mémoire (Johnson, 1992; Treisman, 1996; Zimmer, Mecklinger, & Lindenberger, 2006).

Le fonctionnement de la mémoire épisodique peut être conceptualisé comme opéré et influencé par deux composantes en interaction, plus précisément, les composantes associative et stratégique (Moscovitch, 1992; Werkle-Bergner, Müller, Li, & Lindenberger, 2006). La composante associative de la mémoire épisodique se réfère à des mécanismes en jeu durant l'encodage, le stockage, et la récupération et qui lient les différents aspects d'un événement dans un épisode intégré (Treisman, 1996; Zimmer, *et al.*, 2006). Ces mécanismes associatifs peuvent opérer soit entre différentes caractéristiques d'une même unité de mémoire (Chalfonte & Johnson, 1996), soit entre différentes unités de mémoire (Naveh-Benjamin, 2000), soit entre les éléments centraux d'un épisode donné et son contexte (Spencer & Raz, 1995). En d'autres termes, les mécanismes associatifs se réfèrent à un ensemble de processus cognitifs et à leurs mécanismes neuronaux sous-jacents qui associent les éléments d'une trace mnésique ou plusieurs traces mnésiques entre elles (Zimmer, *et al.*, 2006). De plus, les mécanismes de formation, de consolidation et de récupération d'associations fonctionnent à différents niveaux ( Craik, 2006 ; Murre, Wolters, & Raffone, 2006), allant du niveau perceptif à la formation de souvenirs de plus haut niveau, de concepts et d'idées.

La composante stratégique se réfère à l'organisation et à la manipulation des éléments d'un épisode mnésique pendant l'encodage, le stockage ou la récupération en supposant l'utilisation de connaissances sémantiques existantes pour élaborer certains

1. Center for Lifespan Psychology, Max Planck Institute for Human Development, Lentzeallee 94, D-14195 Berlin, Allemagne. Mel : yshing@mpib-berlin.mpg.de, lindenberger@mpib-berlin.mpg.de
2. Université de Provence, Aix-Marseille 1, Centre de recherche PsyClé (EA3273), 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cedex 1, France.
3. Nous aimerions remercier Isabelle Fort de l'université d'Aix-Marseille pour sa contribution à la traduction de ce document.

aspects relationnels entre unités de mémoire (Craik & Lockhart, 1972 ; Levin, 1988). Plus spécifiquement, les stratégies élaboratives comprennent pour Levin (Levin, 1988, p. 191) : « meaning-enhancing additions, constructions, or generations that improve one's memory for what is being learned ». Les recherches empiriques ont confirmé que l'encodage en mémoire peut être aidé par l'utilisation de stratégies verbales ou visuelles (Richardson, 1998). Il est important de noter que l'organisation et l'élaboration stratégiques peuvent être soit autoactivées et avoir lieu spontanément, soit être utilisées à la suite d'une instruction ou à l'aide d'autres formes de support environnemental (Kausler, 1994 ; Schneider & Pressley, 1997).

Le fonctionnement de la mémoire épisodique connaît des changements continus et profonds tout au long de la vie (Baltes, Lindenberger, & Staudinger, 2006 ; Li, *et al.*, 2004). Il est montré que la mémoire épisodique connaît un développement important depuis l'enfance jusqu'au début de la vie adulte et que ce même développement se déroule par paliers (Schneider & Pressley, 1997). Plus tard dans la vie, différents aspects de la mémoire, particulièrement la mémoire épisodique, déclinent avec l'âge (Kausler, 1994 ; Zacks, Hasher, & Li, 2000). Dans l'ensemble, il existe une apparente symétrie à travers les âges de la vie : les aptitudes en mémoire épisodique s'accroissent pendant l'enfance et l'adolescence et déclinent pendant la vieillesse. Malgré ces similarités apparentes dans les trajectoires des performances, la théorie développementale « lifespan » postule que les mécanismes sous-jacents aux changements cognitifs diffèrent pendant les différentes périodes de la vie (Baltes, *et al.*, 2006 ; Bialystok & Craik, 2006). Ainsi, les fonctions de la mémoire épisodique subissent des réorganisations au cours de la vie, reflétant des changements développementaux dans l'interaction entre les processus liés à la maturation, à l'apprentissage et à la sénescence (Lindenberger, Li, Lövdén, & Schmiedek, 2007). Pourtant, en raison de la séparation entre les recherches sur le développement de l'enfant et les recherches sur le vieillissement, peu d'investigations ou de théorisations ont proposé une approche intégrée des mécanismes mnésiques de l'enfant à la personne âgée (mais voir Dempster, 1992 ; Kail & Salthouse, 1994 ; Li, *et al.*, 2004). Notre étude tente de combler ce manque en examinant empiriquement la distinction entre les composantes associatives et stratégiques de la mémoire épisodique au cours de la vie entière. Les paragraphes suivants regroupent les résultats empiriques existants. Ces résultats proviennent de recherches sur le développement de l'enfant et de l'adulte et ils justifient les hypothèses et le paradigme expérimental de cette étude.

### **Évolution au cours de l'empan de vie de la composante associative de la mémoire épisodique**

Depuis les années 1970, la recherche sur la mémoire chez l'enfant a peu porté sur les différences liées à l'âge dans les mécanismes associatifs, avec cependant quelques exceptions récentes notables. Sluzenski, Newcombe et Kovacs (2006) ont étudié les différences liées à l'âge dans une épreuve de reconnaissance d'items seuls (comme des images d'animaux) et d'associations item/arrière-plan (animal vs un arrière-plan arbitraire) chez des enfants de 4 ans, de 6 ans et des adultes. Les résultats montrent que les enfants de 4 ans reconnaissent moins bien la combinaison item/arrière-plan que les enfants de 6 ans et que les adultes, alors que les deux groupes d'enfants présentent des performances identiques en ce qui concerne les items seuls. À l'opposé, les enfants de 6 ans sont aussi efficaces que les adultes en ce qui concerne les associations item/arrière-

re-plan. Ces résultats suggèrent l'existence de trajectoires développementales différentes pour les items seuls et pour les aspects plus associatifs de la mémoire épisodique. En particulier, la capacité à lier des informations dans une même entité mnésique pourrait progresser significativement vers 5-6 ans (voir également Oakes, Ross-Sheehy, & Luck, 2006), alors que la mémoire des items isolés se développerait plus tôt. Malgré tout, ces deux aspects se construisent plus précocement que les fonctions de contrôle exécutif et cognitif dont le développement s'étend jusqu'au début de l'âge adulte (Gathercole, 1998; Luciana, Conklin, Hooper, & Yargar, 2005). Dans une perspective plus large, les difficultés des enfants d'âge préscolaire à lier les items avec l'information contextuelle pourraient expliquer leurs difficultés en mémoire de source (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993; Kliegl & Lindenberger, 1993; Sluzenski, Newcombe, & Ottinger, 2004).

Dans le domaine du vieillissement cognitif, les chercheurs ont, en revanche, beaucoup étudié les différences liées à l'âge dans l'efficacité des mécanismes associatifs. Il existe un consensus général pour dire que les personnes âgées montrent plus de difficulté que les jeunes adultes dans le rappel du contexte et des détails périphériques par rapport au rappel du contenu central des épisodes mémorisés (voir Spencer & Raz, 1995). Sur la base de cette observation, l'hypothèse d'un déficit associatif postule que la mémoire déficiente des personnes âgées provient en partie de leur difficulté à lier les informations dans des représentations mnésiques intégrées (Old & Naveh-Benjamin, 2008). Cette hypothèse a été corroborée par des résultats convergents qui indiquent que les personnes âgées ont des performances disproportionnellement plus faibles sur les tâches requérant l'association de différentes caractéristiques de l'épisode que sur des tâches qui demandent seulement une information relative à un item ou à un aspect d'un item (Castel & Craik, 2003; Chalfonte & Johnson, 1996; Mitchell, Johnson, Raye, & D'Esposito, 2000; Mitchell, Johnson, Raye, Mather, & D'Esposito, 2000). En utilisant un paradigme de mémorisation associative demandant la reconnaissance d'items et d'association entre des paires d'items, Naveh-Benjamin et ses collègues (Naveh-Benjamin, 2000; Naveh-Benjamin, Brav, & Levy, 2007; Naveh-Benjamin, Guez, Kilb, & Reedy, 2004; Naveh-Benjamin, Guez, & Marom, 2003; Naveh-Benjamin, Hussain, Guez, & Bar-On, 2003) ont démontré à plusieurs reprises que les personnes âgées présentent des déficits dans l'encodage et la récupération des associations entre items. Cette baisse dans la capacité à se souvenir des associations entre items ne peut pas être attribuée uniquement au déficit des personnes âgées dans le rappel des items individuels, puisque les différences liées à l'âge à ce niveau étaient négligeables et/ou contrôlées.

Pour intégrer les résultats dans une perspective lifespan, nous pouvons partir de l'observation que la composante associative de la mémoire épisodique se construit pendant le développement de l'enfant. À l'autre bout de la vie, le déclin dans le rappel des liens entre les éléments est plus important que le déclin touchant d'autres aspects du fonctionnement de la mémoire. Une étude lifespan récente menée par Cowan, Naveh-Benjamin, Kilb et Sauls (2006) a fourni des faits empiriques en faveur de cette idée. Les auteurs étudient les différences dues à l'âge dans la capacité à conserver en mémoire de travail l'association entre un objet visuel (des carrés de couleur) et sa position spatiale. Appliquant un paradigme de détection du changement (Luck & Vogel, 1997), les participants devaient détecter un changement dans un élément simple (carrés de différentes couleurs) ou un changement dans la conjonction des éléments (différentes couleurs et différentes positions), ce qui demande plus de traitement associatif. Les personnes âgées échouent souvent à remarquer le changement de conjonction des éléments, parti-

culièrement lorsque les essais avec élément simple et avec conjonction d'éléments sont mélangés. Les différences dues à l'âge entre les jeunes adultes et les personnes âgées suivent le patron de déficit associatif dû à l'âge observé dans les études sur la mémoire épisodique (Naveh-Benjamin, 2000). Les deux groupes d'enfants (8-10 ans et 11-12 ans), quant à eux, ont de moins bons résultats comparativement à de jeunes adultes sur les deux types d'essais. Pourtant, ils ne montrent pas de difficultés si disproportionnées pour les essais de conjonction d'éléments que le groupe de personnes âgées. Ces résultats confortent l'idée selon laquelle la composante associative de la performance mnésique est relativement mature vers le milieu de l'enfance, tandis qu'à l'autre extrémité de la vie, les personnes âgées montrent des difficultés spécifiques dans la conservation en mémoire ou la récupération d'informations associatives.

### **Évolution au cours de l'empan de vie de la composante stratégique**

En psychologie du développement de l'enfant, les premières recherches s'intéressant à la composante stratégique de la mémoire épisodique ont été orientées par le travail précurseur de Flavell (1970). Ce dernier a constaté que les stratégies de mémorisation que sont l'auto-répétition et l'organisation se développaient entre 5 et 10 ans. Dans la même veine, Rohwer (1973) a proposé que l'augmentation au cours du développement de la propension à utiliser des stratégies élaboratives et la diminution de la dépendance à l'apprentissage par cœur contribuent à des améliorations liées à l'âge dans les performances de mémoire épisodique.

Un grand nombre d'études ont montré que les stratégies mnémoniques se développent rapidement pendant les années d'écoles élémentaires (pour une revue, voir Schneider & Pressley, 1997). Les stratégies efficaces, comme l'élaboration et l'organisation, ne sont typiquement pas observées chez des enfants de moins de 6 ans, même si on leur en donne la consigne (appelé déficit de la médiation; Reese, 1962). À un âge plus avancé, au cours de leurs premières années d'école, les enfants ne manifestent toujours pas spontanément de comportements stratégiques d'organisation. Pourtant, une consigne d'utilisation de la stratégie améliore leurs performances, ce qui indique une *déficience de production* de la stratégie (Flavell, 1970). Un phénomène identifié ultérieurement, appelé *déficience de l'utilisation*, se réfère au comportement des enfants qui sont capables de faire preuve spontanément de comportements stratégiques (par exemple l'attention sélective) mais traversent une phase transitionnelle pendant laquelle ils ne profitent pas des bénéfices de la stratégie utilisée (DeMarie-Dreblow & Miller, 1988). Un examen attentif de l'efficacité de l'utilisation des stratégies révèle que les enfants ne maîtrisent pas le répertoire complet des stratégies de mémorisation avant la fin de l'école élémentaire (voir également Siegler, 1996, sur la problématique de la variabilité stratégique).

Dans le champ du vieillissement cognitif, les différences liées à l'âge dans les stratégies d'encodage ont souvent été attribuées à un déficit de production (Kausler, 1994). Selon cette hypothèse, les personnes âgées ne s'engageraient pas spontanément dans l'utilisation de stratégies comme le font les jeunes adultes et n'appliqueraient pas les stratégies efficacement. Classiquement, pour tester cette hypothèse, des paradigmes d'apprentissage ont été utilisés (par exemple, groupes apprentissage et/ou entraînement à des stratégies basées sur l'imagerie *vs* groupe contrôle) afin d'étudier l'effet de l'âge sur le bénéfice retiré de l'apprentissage. Les résultats généraux indiquent que les

personnes âgées ne présentant pas de démence continuent à tirer bénéfice de l'acquisition et de l'utilisation de techniques mnémoniques, ce qui conduit à des différences moins importantes entre les groupes d'âges après l'apprentissage, l'entraînement ou les deux. Les résultats de ces études doivent cependant être interprétés avec précaution car l'influence de facteurs autres, comme des différences d'entraînement ou de connaissances pertinentes pour réaliser la tâche, pourrait être importante, même après des interventions relativement mineures (par exemple, une session d'apprentissage ou d'entraînement). Pour répondre à ces problèmes et obtenir des estimations plus justes du potentiel de performance des individus, les chercheurs ont appliqué des procédures de « test-des-limites » à l'étude des différences dues à l'âge dans la mémoire épisodique (Baltes, *et al.*, 2006 ; Lindenberger & Baltes, 1995). Avec le paradigme de test-des-limites, les chercheurs tentent d'évaluer les limites supérieures du potentiel de performance en fournissant un entraînement extensif, souvent combiné avec des adaptations de la difficulté de la tâche en fonction des spécificités individuelles (entraînement adaptatif ; voir également Bissig & Lustig, 2007). Les études utilisant les procédures de « test-des-limites » ont abouti à deux résultats principaux. Premièrement, en accord avec les résultats des études utilisant des instructions et des interventions à court terme, les personnes âgées montrent des améliorations de leurs performances après une phase d'instruction. Deuxièmement, les personnes âgées montrent des améliorations beaucoup plus faibles au cours de pratiques ou d'entraînements extensifs que les jeunes adultes (Kliegl, Smith, & Baltes, 1989, 1990 ; Singer, Lindenberger, & Baltes, 2003) et que les enfants (par exemple Brehmer, Li, Müller, von Oertzen, & Lindenberger, 2007). Ces résultats suggèrent que les changements dus à la sénescence compromettent la plasticité de la mémoire dans le grand âge.

Deux observations principales peuvent être faites concernant l'intégration des données issues des études sur la mémoire chez l'enfant et chez l'adulte âgé. Premièrement, les processus mnésiques stratégiques ne se développent pas complètement avant le milieu ou la fin de l'enfance. Deuxièmement, les personnes âgées montrent moins de plasticité mnésique que les enfants et les jeunes adultes, comme le montre l'amélioration limitée des performances après un entraînement extensif à une stratégie mnémorique (par exemple Brehmer, *et al.*, 2007). De plus, pour des raisons encore peu claires, les personnes âgées paraissent s'engager dans des processus stratégiques de mémorisation de manière moins efficace que les jeunes adultes (Dunlosky & Hertzog, 1998 ; Dunlosky, Hertzog, & Powell-Moman, 2005). Des éléments empiriques allant dans le même sens que ces observations sont présentés dans la littérature sur les processus de reconnaissance basés sur la familiarité ou la recollection. D'après l'approche des processus duels (Jacoby, 1991 ; Yonelinas, 2002), la mémoire des événements du passé peut être basée sur la récupération accompagnée de détails contextuels spécifiques (recollection) ou sur le sentiment de savoir qu'un événement est ancien ou nouveau sans pour autant être en mesure de récupérer les détails spécifiques (familiarité). Des éléments empiriques émanant d'une grande variété d'études suggèrent que le développement de la recollection (qui repose plus sur une utilisation stratégique comme le traitement sémantique) continue pendant l'adolescence, tandis que la familiarité (qui repose plus sur des processus associatifs) se construit durant l'enfance (Brainerd, Holliday, & Reyna, 2004 ; Ghetti & Angelini, 2008). De même, il a été déterminé que les personnes âgées se fient davantage aux processus de familiarité pendant la récupération car ils ont des difficultés dans la récupération des détails des épisodes de mémoire (Healy, Light, & Chung, 2005).

## **Les différences « lifespan » dans les corrélats neuronaux des composantes associatives et stratégiques**

Les corrélats des composantes associative et stratégique de la mémoire épisodique, et des différences dues à l'âge touchant ces composantes, peuvent aussi être identifiés au niveau neuronal. Les premiers modèles neuronaux de la mémoire épisodique (par exemple Moscovitch, 1992) ont postulé que la composante stratégique dépend principalement du cortex frontal, tandis que la composante associative dépend en grande partie de la région temporale médiane (particulièrement l'hippocampe). Cette distinction a reçu un support empirique important ces dernières années, puisque de nombreuses études, y compris des études de cas, portant sur des patients amnésiques et des modèles animaux ont indiqué que les lobes temporaux médians (LTM) et le cortex préfrontal (CPF) contribuent à la mémoire de façon significative et indépendante (Eichenbaum, 2002; Miller & Cohen, 2001; Prull, Gabrieli, Bunge, Craik, & Salthouse, 2000; Simons & Spiers, 2003; Werkle-Bergner, *et al.*, 2006). D'une part, l'hippocampe et les structures associées (comme le fornix et le cortex entorhinal) contribuent à la formation et au maintien des souvenirs et plus spécifiquement à l'établissement des associations entre les éléments des épisodes en mémoire (Squire, 2004). D'autre part, le CPF est responsable des processus de contrôle exécutif nécessaires à la formation optimale des souvenirs (Fletcher, Shallice, & Dolan, 1998) et à leur récupération (Fletcher, Shallice, Frith, Frackowiak, & Dolan, 1998). Globalement, la capacité à encoder et à récupérer les associations épisodiques repose sur un réseau fonctionnel distribué comprenant les mécanismes de mémoire de l'hippocampe/LTM servant aux processus d'association/liaison, aussi bien que sur les processus de contrôle cognitif médiatisés par le CPF qui permettent l'élaboration stratégique et les processus organisationnels (Miller & Cohen, 2001; Simons & Spiers, 2003).

Il n'y a aucun doute sur le fait que les circuits fonctionnels de la mémoire épisodique que nous venons de résumer changent au cours de la vie. Nous savons pourtant peu de chose sur la nature précise de ces changements. Les études anatomiques et fonctionnelles montrent que le CPF (particulièrement les régions dorsolatérales) et les réseaux neuronaux associés subissent encore une forte maturation pendant l'adolescence (Diamond, Stuss, & Knight, 2002; Paus, 2005), tandis que les régions des LTM montrent une maturation relativement plus rapide (Casey, Giedd, & Thomas, 2000; Gogtay, *et al.*, 2004; mais également Gogtay, Nugent, & Herman, 2006; Ofen, *et al.*, 2007). Les trajectoires de développement différenciées des régions du cerveau suggèrent que la zone de développement fonctionnel maximal progresse des LTM aux aires néocorticales du CPF (Chugani, Phelps, & Mazziotta, 1987; pour la modélisation computationnelle, voir Shrager & Johnson, 1996). En ce qui concerne le vieillissement cérébral, les régions du CPF sont parmi les premières à montrer des signes de détérioration liés à la sénescence (Hedden & Gabrieli, 2004; Raz, *et al.*, 2005). En même temps, des patrons de déclin accéléré sont aussi observés dans les régions des LTM, avec un déclin marqué observé dans l'hippocampe et le cortex entorhinal dans le vieillissement normal et pathologique (Buckner, 2004; Daselaar, 2006; Raz, *et al.*, 2007). Un large réseau fonctionnel comprenant les aires du CPF et les LTM est donc engagé dans le fonctionnement de la mémoire épisodique et est affecté par les changements dus à la maturité et à la sénescence.



## Objectifs de l'étude

Des mécanismes variés et co-occurents ont été proposés pour expliquer l'effet de l'âge sur la mémoire pendant l'enfance (Schneider & Pressley, 1997) et le vieillissement (Light, 1991), respectivement. Quelques-unes des explications actuelles comprennent une réduction des ressources de traitement de l'information (par exemple, la vitesse, le contrôle inhibiteur, la mémoire de travail), ou une surutilisation de la familiarité, accompagnée d'une recollection déficiente (Brainerd, *et al.*, 2004 ; Yonelinas, 2002). Pourtant, les tentatives d'identification et de comparaison des mécanismes qui régulent les changements dans le fonctionnement de la mémoire de l'enfant à la personne âgée sont rares (Dempster, 1992 ; Kail & Salthouse, 1994). Lorsque nous rassemblons les observations comportementales et neuronales sur le développement de la mémoire épisodique pendant l'enfance et à la fin de l'âge adulte, nous notons une dissociation au niveau lifespan entre les composantes associative et stratégique de la mémoire épisodique. Plus spécifiquement, la composante stratégique se développe plus tardivement que la composante associative pendant l'enfance, mais les deux composantes déclinent ensemble au cours du vieillissement.

Nous postulons que la dissociation en deux composantes de la mémoire épisodique offre un cadre interprétatif en termes de processus qui permet l'identification et l'examen des mécanismes sous-jacents aux différences liées à l'âge dans le fonctionnement de ce type de mémoire au cours de la vie entière. Nous ne pensons pas que les deux composantes se réfèrent à un ensemble unique ou mutuellement exclusif de processus ou qu'ils constituent les seuls facteurs affectant la mémoire épisodique. Au contraire, il est probable qu'une explication complète des changements touchant la mémoire épisodique au cours de la vie entière inclura des ensembles de mécanismes multiples et interactifs qui affectent également les autres domaines fonctionnels (par exemple, le ralentissement général, le déclin des ressources de traitement, le déclin dans l'efficacité des mécanismes inhibiteurs). Nous pensons cependant que les changements dans les composantes associative et stratégique sont parmi les principales forces, ou « *développables* » (Flavell, 1992), qui contribuent au développement de la mémoire épisodique pendant la vie entière.

## Hypothèses

La procédure expérimentale de cette étude repose sur deux hypothèses principales. Premièrement, compte tenu du fait que la maturation de l'hippocampe précède la maturation des aires du CPF, nous nous attendons à ce que les composantes associative et stratégique de la mémoire épisodique se développent à des vitesses différentes pendant l'enfance et l'adolescence. En comparaison avec les jeunes adultes, les difficultés de mémoire des enfants sont principalement dues à la composante stratégique qui se développe relativement tard, tandis que la composante associative est proche de sa maturité.

Nous supposons qu'à la suite de la présentation d'une stratégie efficace de mémorisation, les enfants présenteront une amélioration de leur performance en raison (a) d'une compensation de leur déficit dans l'élaboration stratégique et (b) d'une meilleure utilisation de la composante associative parfaitement fonctionnelle. En outre, la performance des adolescents devrait être proche des performances des jeunes adultes, car ces deux groupes d'âge peuvent s'appuyer sur des composantes stratégique et associative qui fonctionnent parfaitement.

Deuxièmement, en raison des changements dus à la sénescence à la fois dans le CPF et les LTM, nous nous attendons à ce que les déficits mnésiques des personnes âgées soient liés non seulement à un fonctionnement stratégique moins efficient, mais également à un déficit dans la composante associative qui n'apparaîtrait que sur ce groupe d'âge. Pour cette raison, même suite à la proposition d'une stratégie efficace, les personnes âgées devraient montrer moins d'amélioration de leur performance par rapport aux deux autres groupes. Ce résultat refléterait les limites de la mémoire épisodique imputables au déficit de la composante associative. Nous nous attendons également à ce que les déficiences associatives soient exacerbées dans les conditions de la tâche qui imposent de fortes demandes au niveau de la formation et de la récupération d'associations.

## Méthode

### *Paradigme et plan expérimental*

#### *Expérience 1*

Pour tester les hypothèses précédentes, une épreuve de reconnaissance verbale de paires de mots (pour une description précise de la procédure expérimentale voir Shing, Werkle-Bergner, Li, & Lindenberger, 2008) a été administrée dans un plan expérimental complet croisé en mesures répétées dans lequel la demande associative variait en fonction des types de paires à étudier, tandis que l'engagement stratégique variait en fonction des consignes d'encodage. Plus spécifiquement, le degré de sollicitation associative variait en utilisant des paires de mots Allemand-Allemand (AA) et Allemand-Malais (AM). Pour les participants qui étaient tous de langue maternelle allemande sans aucune notion de Malais, les paires AM demandaient plus de lien associatif que les paires AA, puisque les participants n'avaient pas connaissance des mots Malais. Pour chaque paire AM, le mot Malais était la traduction directe du mot Allemand<sup>3</sup>.

L'implication de la composante stratégique était manipulée par les consignes d'encodage qui mettaient l'accent (a) sur l'encodage des mots (b) sur l'encodage des paires et (c) sur l'encodage par stratégie d'élaboration. En premier lieu, pendant la session initiale de référence (condition encodage de mots), il était demandé aux participants d'étudier les mots de chaque paire individuellement en prévision d'un test de reconnaissance de mots seuls. Les informations associatives sur les paires de mots étaient ainsi incidem-

3. Plutôt que d'utiliser les paires de mots dans la même langue en faisant varier la force associative, nous avons utilisé le Malais comme une langue étrangère pour éviter la confusion entre les différences dues à l'âge dans la base de connaissances et dans la mémoire associative (par exemple Bjorklund & de Marchena, 1984; Kee & Guttentag, 1994). De plus, il n'existe pas de base de données d'association de mots allemands standardisée pour des données lifespan. Le Malais est un langage écrit avec l'alphabet latin, et les phonèmes sont prononçables par les germanophones. Les participants ont été filtrés en fonction de leur connaissance du Malais comme langue étrangère. Aucun des participants de notre échantillon ne connaissait cette langue, quels que soient les groupes d'âge.

ment apprises. Dans la session suivante (condition encodage de paires), on demandait aux participants d'étudier des paires de mots en prévision d'un test de reconnaissance de paires. La comparaison de ces deux conditions nous renseigne sur la façon dont les groupes d'âge différent quant à la manière dont leur performance évolue en passant d'un apprentissage incident à un apprentissage auto initié des paires de mots.

La session d'encodage de paires était suivie d'une session d'apprentissage stratégique, pendant laquelle les participants apprenaient l'utilisation d'une stratégie basée sur l'imagerie. L'essence de cette stratégie était d'élaborer à partir des paires de mots étudiées une représentation imagée intégrant les deux mots de manière dynamique (par exemple, avec l'utilisation d'images fictives fantaisistes ou de références à des histoires personnelles). La stratégie élaborative par imagerie a été choisie comme stratégie principale de cette étude pour sa très grande efficacité (Bower & Winzenz, 1970) comparativement à d'autres stratégies d'apprentissage associatif et pour la possibilité qu'elle offre d'utiliser diverses formes de stratégies par imagerie à la fois chez les enfants et les personnes âgées (Baltes & Kliegl, 1992 ; Brehmer, *et al.*, 2007 ; Verhaeghen, Marcoen, & Goossens, 1992). Pour la condition AM, une variante de la stratégie par imagerie, appelée stratégie par mot-clé, a été proposée. La stratégie par mot-clé est connue dans la littérature comme étant très efficace pour améliorer l'acquisition du vocabulaire étranger (Rohwer & Reese, 1973). Dans la présente étude, les participants recevaient l'instruction de trouver d'abord une connexion qui avait du sens (c'est-à-dire le mot-clé) pour le mot Malais inconnu à partir de ses caractéristiques phonologiques ou orthographiques. Ensuite, les participants devaient relier le mot-clé au mot Allemand familier à travers une représentation imagée. Après une session d'apprentissage de la stratégie, deux sessions de mesures des performances ont été réalisées. Le regroupement des scores de ces deux sessions sera appelé évaluation post-apprentissage par la suite. Les comparaisons des variations de performances entre la condition encodage de paires et l'évaluation post-apprentissage renseignent sur les variations liées à l'âge dans le gain de performance induit par l'enseignement de la stratégie. Au total, les sujets ont participé à cinq sessions de 90 à 120 minutes en moyenne qui se sont étendues sur une période de 3 semaines.

## *Expérience 2*

Dans l'expérience 2, nous avons continué d'entraîner les participants dans la condition AM à haut niveau de sollicitation associative. Tous les participants de l'expérience 1 furent invités à participer à l'expérience 2 qui eut lieu 4,5 mois après la fin de l'expérience 1. Ils ont suivi 5 nouvelles sessions d'entraînement à l'usage de la stratégie d'imagerie par mot-clé. A la sixième session, les sujets ont été évalués sur une épreuve de reconnaissance de paires de mots. Les performances lors de cette session (appelée session post-entraînement) ont été comparées à celles obtenues lors de la session post-apprentissage de l'expérience 1.

## **Participants**

L'échantillon se divise en 4 groupes d'âge : 43 enfants (10-12 ans,  $M = 11.2$ ,  $ET = 0.6$ ), 43 adolescents (13-15 ans,  $M = 14.4$ ,  $ET = 0.4$ ), 42 jeunes adultes (20-25 ans,  $M = 23.3$ ,  $ET = 1.6$ ), et 42 adultes âgés (70-75 ans,  $M = 73.2$ ,  $ET = 1.7$ ). Les groupes d'enfants et d'adolescents ont été sélectionnés de manière à refléter les différences développemen-

tales dans la maturité du CPF. La répartition hommes/femmes varie peu en fonction des groupes. Tous les participants résidaient à Berlin en Allemagne. L'échantillon de l'expérience 2 est composé des 170 participants (85.29 %) qui ont accepté de prolonger l'expérience.

## Matériel

Pendant la phase d'encodage 45 paires de mots (AA ou AM avec un contre-balance-ment) étaient présentées de manière séquentielle sur un écran d'ordinateur. Pendant la phase de reconnaissance 60 paires de mots étaient présentées, la tâche consistant à décider si ces paires avaient déjà été présentées dans la phase d'encodage. La moitié de ces paires était identique à celles de la phase d'encodage. Quinze paires étaient constituées de mots présentés dans la phase d'encodage mais au sein de paires différentes (paires réarrangées). Quinze paires étaient constituées de mots qui n'avaient pas été présentés du tout durant la phase d'encodage (paires inédites). La consigne indiquait aux participants de répondre « ancien » aux paires déjà présentées durant la phase d'encodage et « nouveau » aux paires réarrangées ainsi qu'aux paires inédites. Une description plus détaillée du matériel est disponible dans l'article de Shing *et al.* (Shing, *et al.*, 2008).

## Résultats

### Expérience 1

La variable dépendante utilisée est un Score de Reconnaissance Corrigé (SRC), c'est le taux de Détections Correctes (DC) des paires présentées pendant l'encodage moins le taux de Fausses Alarmes (FA) relatives aux paires réarrangées et inédites. Cette correction permet de contrôler les réponses correctes dues au hasard (Pr-values: Snodgrass & Corwin, 1988). Dans les analyses qui suivent, le SRC est calculé de manière séparée pour les FA portant sur les paires réarrangées et sur les paires inédites. Cette étude s'intéresse aux différences entre groupes d'âge. Chaque fois qu'un effet simple de l'âge ou qu'une interaction intégrant l'âge s'est révélée significative, trois contrastes orthogonaux planifiés ont été réalisés : (a) enfants vs adultes âgés, (b) adolescents vs jeunes adultes, (c) extrémités (enfants et adultes âgés) vs portion centrale (adolescents et jeunes adultes) de l'empan de vie. Le contraste (a) compare les différences dans la mémoire épisodique associée au développement ou à la sénescence. Le contraste (b) teste notre hypothèse selon laquelle les processus associatifs comme les processus stratégiques sont matures à l'adolescence et au début de l'âge adulte. Le contraste (c) interroge les différences liées à l'âge au cours de l'empan de vie dans son ensemble.

La figure 1 présente les résultats obtenus dans l'épreuve de reconnaissance de paires de mots. Une analyse de variance complète a été réalisée (procédure Proc Mix, SAS 9.1 pour Windows) pour étudier les effets du groupe d'âge, de la consigne d'encodage et du niveau de sollicitation associative. Ces analyses ont été conduites de manière séparée pour les SRC relatifs aux paires réarrangées (figure 1 panneau du haut) et inédites (figure 1 panneau du bas). Cette distinction est basée sur l'idée que les paires réarrangées produisent un sentiment de familiarité plus élevé que les paires inédites, ce qui nécessite une plus grande fiabilité du processus de recollection pour éviter les FA (Jones & Jacoby,

2001 ; Yonelinas, 2002). Le taux de détections correctes utilisé est le même pour les deux SRC. Les tailles d'effet sont évaluées par le biais de coefficients de corrélation intra-classe ( $\rho_i$ ) ou de  $d$  de Cohen (Fern & Monroe, 1996).

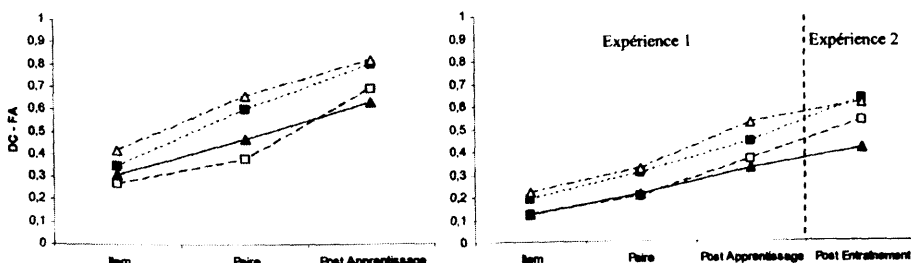
### SRC pour les paires réarrangées

L'analyse complète révèle un effet significatif de l'âge,  $F(3,76) = 11.38, p < .02, \rho_i = .56$  ; des consignes d'encodage,  $F(2,157) = 325.64, p < .01, \rho_i = .90$  et du niveau de sollicitation associative,  $F(1,159) = 443.72, p < .01, \rho_i = .86$ . Elle montre également des interactions significatives entre l'âge et les consignes d'encodage,  $F(6,86) = 2.79, p < .05, \rho_i = .40$ , et entre les consignes d'encodage et le niveau associatif,  $F(2,163) = 16.36, p < .01, \rho_i = .41$ , et une interaction de second ordre entre les 3 variables,  $F(6,79) = 2.50, p < .05, \rho_i = .40$ . Pour examiner de manière plus précise cette interaction de second ordre, des analyses séparées pour les conditions AA et AM ont été conduites.

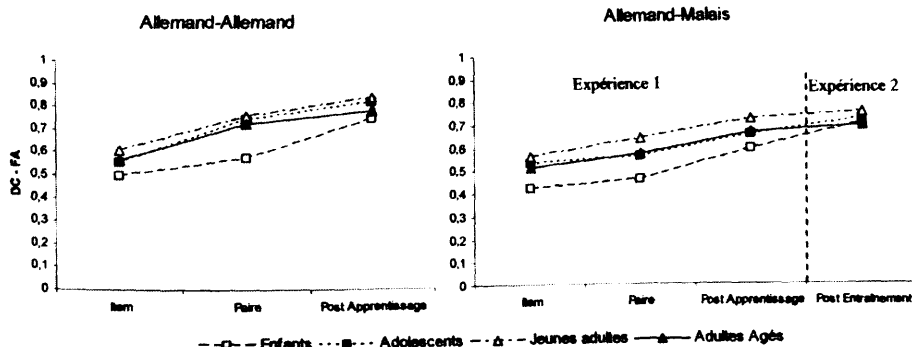
Dans la condition AA, en plus des effets simples de l'âge et de la consigne d'encodage, une interaction entre ces deux variables apparaît,  $F(6,95) = 2.84, p < .05, \rho_i = .39$ , elle reflète la différence entre les groupes d'âge dans l'ampleur du changement en fonction de la consigne d'encodage. Ensuite, les contrastes orthogonaux planifiés ont été appliqués.

Figure 1 : moyennes des SRC (Détections Correctes [DC]-Fausses Alarmes [FA]) en fonction du type de distracteurs (paires réarrangées ou inédites), de la consigne d'encodage et du niveau de sollicitation associative (Allemand-Allemand ou Allemand-Malais). Adapté de Shing et collègues (2008).

#### Paires réarrangées comme distracteurs



#### Paires inédites comme distracteurs



—□— Enfants —●— Adolescents —△— Jeunes adultes —▲— Adultes Agés

Premièrement, le bénéfice lié à la consigne basée sur les paires en référence à la consigne basée sur les mots n'est pas différent entre les enfants et les adultes âgés  $t(81) = -0.93$ , *ns*, pas plus qu'entre les adolescents et les jeunes adultes,  $t(79) = 0.08$ , *ns*. Cependant, les adolescents et les jeunes adultes progressent davantage que les enfants et les adultes âgés,  $t(157) = -2.74$ ,  $p < .05$ ,  $d = 0.44$ . Clairement, les adolescents et les jeunes adultes progressent davantage lors du passage d'une consigne ciblée sur les mots à une consigne ciblée sur les paires que ne le font les enfants ou les adultes âgés. Deuxièmement, lors du passage d'une consigne centrée sur les paires à la condition après apprentissage, les enfants se différencient des adultes âgés dans l'ampleur de la variation observée  $t(74) = 2.98$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0.69$ , ce qui reflète le fait que les enfants bénéficient davantage de l'enseignement de la stratégie. Aucun des autres contrastes n'est significatif.

Dans la condition AM, le patron de résultat diffère de celui observé dans la condition AA. Il y a un effet principal de l'âge  $F(3,80) = 7.45$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .47$ , et de la consigne d'encodage,  $F(2,160) = 123.46$ ,  $p = .01$ ,  $p_1 = .78$ . Cependant, contrairement à nos hypothèses, il n'y a pas d'interaction entre l'âge et la consigne d'encodage  $F(6,80) = 1.77$ ,  $p = .12$ . L'effet de l'âge est dû à des performances plus élevées de la part des adolescents et des jeunes adultes en comparaison de celles des enfants et des adultes âgés  $t(160) = 4.37$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0.69$ . Les autres contrastes planifiés ne sont pas significatifs. L'effet des conditions d'encodage est dû aux améliorations des performances entre la consigne d'encodage ciblé sur les mots et la consigne ciblée sur les paires  $t(155) = 5.41$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0.87$  et entre la consigne ciblée sur les paires et la condition après apprentissage  $t(162) = 9.63$ ,  $p < .01$ ,  $d = 1.5$ . Les tailles d'effet associées suggèrent que le gain induit par l'enseignement de la stratégie est supérieur à celui induit par la consigne ciblée sur les paires.

### *SRC pour les paires inédites*

La même analyse de variance complète a été réalisée pour les paires inédites. Elle révèle un effet significatif de l'âge,  $F(3,76) = 9.18$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .52$ , des consignes d'encodage,  $F(2,164) = 123.14$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .77$  et du niveau de sollicitation associative,  $F(1,164) = 168.86$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .71$ . Il y a également une interaction significative entre la consigne d'encodage et le niveau de sollicitation associative,  $F(2,154) = 13.97$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .39$ . Aucune autre interaction n'est significative.

L'effet simple de l'âge est principalement dû à la meilleure performance des adultes âgés en comparaison aux enfants  $t(82) = -2.99$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0.66$  et à la meilleure performance des adolescents et des jeunes adultes en comparaison aux enfants et aux adultes âgés  $t(163) = -3.65$ ,  $p = .01$ ,  $d = 0.80$ . L'interaction entre les consignes d'encodage et la sollicitation associative est principalement due à la plus grande progression des performances entre la consigne ciblée sur les mots et la consigne ciblée sur les paires dans la condition AA que dans la condition AM  $t(150) = 5.06$ ,  $p < .01$ ,  $d = 0.83$ . À l'opposé, il n'y a pas de différence entre les conditions AA et AM en ce qui concerne l'évolution des performances lors du passage de la consigne ciblée sur les paires à la condition après apprentissage. Dans l'ensemble, à l'exception des différences de niveaux de performance moyens initiaux, les participants des différents groupes d'âge montrent des patrons de performances bien plus similaires pour les SRC basés sur les paires inédites que pour les SRC basés sur les paires réarrangées.

## **Expérience 2**

### *SRC pour les paires réarrangées*

L'analyse complète révèle un effet simple de l'âge,  $F(3,78) = 9.91, p = .01, \rho_1 = .53$ , de la phase de l'étude  $F(1,120) = 71.91, p < .01, \rho_1 = .61$  et une interaction significative entre les deux variables  $F(3,80) = 5.79, p < .01, \rho_1 = .42$ . Les trois contrastes planifiés permettent d'examiner dans le détail cette interaction. La comparaison des variations de performance entre l'évaluation post-apprentissage et l'évaluation post-entraînement montre que les enfants progressent significativement plus que les adultes âgés  $t(63) = 2.88, p < .05, d = 0.73$ , et que les adolescents progressent significativement plus que les jeunes adultes  $t(58) = 2.46, p < .01, d = 0.66$ . En termes de niveau de performance moyen, on constate que les enfants surpassent de manière significative les adultes âgés lors de l'évaluation post-entraînement,  $t(73) = 3.36, p = .01, d = 0.79$ . Un contraste post hoc entre les deux groupes d'âge centraux (c'est-à-dire les adolescents et les jeunes adultes) ne révèle pas de différence significative  $t(78) = 1.44, ns$ .

### *SRC pour les paires inédites*

Le test complet révèle un effet simple de l'âge,  $F(3,77) = 3.28, p < .05, p = .34$ , de la phase de l'étude,  $F(1,135) = 31.05, p = .01, \rho_1 = .43$ , et une interaction significative entre les deux variables,  $F(3,77) = 3.82, p < .05, \rho_1 = .36$ . Les contrastes planifiés révèlent que l'effet d'interaction est principalement imputable à un gain de performance entre les évaluations post-apprentissage et post-entraînement significativement plus élevé pour les enfants que pour les adultes âgés  $t(70) = 2.83, p < .05, d = 0.68$ . Aucun des autres contrastes n'est significatif.

Dans l'ensemble, les performances des participants en reconnaissance des paires de mots AM se sont considérablement améliorées à la suite d'un entraînement extensif à l'utilisation de la stratégie d'imagerie. Cette amélioration s'est accompagnée d'une réorganisation des différences entre groupes d'âge de manière conforme aux hypothèses. En particulier, les enfants ont progressé significativement grâce à l'entraînement stratégique, les adultes âgés ne l'ont pas fait, ce qui a conduit à une amplification de la différence liée à l'âge dans la condition qui impose la plus forte demande à la composante associative, c'est-à-dire dans la condition des mots Allemands-Malais avec les paires réarrangées comme distracteurs.

## **Étude exploratoire des taux de DC et de FA pris séparément**

Dans le but de localiser plus précisément les différences liées à l'âge au niveau du fonctionnement de la mémoire épisodique, nous avons réalisé une série d'études exploratoires qui analysent les DC et les FA de manière séparée. Les taux de DC et de FA pour les deux phases de l'expérimentation sont reportés dans le tableau 1. Ces analyses sont motivées par des études antérieures qui suggèrent que les déclinés mnésiques liés à l'âge proviennent d'une réduction de l'efficacité des processus de recollection, avec une relative préservation des processus basés sur la familiarité (Daselaar, 2006; Healy, *et al.*, 2005; Jacoby & Hay, 1998; Light, Prull, La Voie, & Healy, 2000; Yonelinas, 2002). Comme les paires réarrangées nécessitent l'utilisation des processus de recollection pour être

rejetées, nous nous attendions à ce que, en comparaison des autres groupes, les adultes âgés présentent un taux de FA particulièrement élevé sur ces paires, mais pas sur les paires inédites (Castel & Craik, 2003). De plus, le développement de la familiarité apparaît plus précocement que celui de la recollection au cours de l'enfance (Ghetti & Angelini, 2008 ; Ghetti, Qin, & Goodman, 2002). Puisqu'il n'existe pas de comparaison entre les enfants et les adultes âgés, il nous a semblé intéressant de comparer les taux de DC et de FA des enfants à ceux des trois autres groupes, en particulier à ceux des adultes âgés.

Comme on peut le constater sur le tableau 1, les adultes âgés présentent le taux de FA le plus élevé sur les paires réarrangées dans la condition AA comme dans la condition AM et ce même après apprentissage de la stratégie. Les analyses suivantes portent sur les performances post-apprentissage (condition AA et AM) ainsi que sur les performances post-entraînement (AM seulement). Les effets de l'âge et du type de réponse (DC, FA sur les paires inédites et FA sur les paires réarrangées) sont analysés séparément pour les conditions AA et AM. Les effets significatifs (avec un critère plus sévère,  $p < .01$ ) sont détaillés à l'aide de comparaisons deux à deux corrigées par un ajustement de Bonferroni ( $p_{\text{critique}} = .002$ ).

### **Condition AA**

On observe un effet significatif de l'âge,  $F(3,60) = 5.75$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .47$ , du type de réponse,  $F(2,102) = 3,541.24$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .99$  et une interaction significative entre ces deux variables  $F(6,77) = 9.12$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .64$ . Pour le taux de DC, on trouve une différence significative entre les enfants et les jeunes adultes, les enfants réalisent moins de DC que les jeunes adultes,  $t(66) = -3.55$ ,  $p < .002$ ,  $d = 0.87$ . Les autres comparaisons deux à deux ne sont pas significatives. Pour les FA sur les items inédits, aucune comparaison deux à deux n'est significative. Pour les FA sur les paires réarrangées, les comparaisons deux à deux révèlent un taux de FA significativement plus élevé pour les adultes âgés que pour les enfants  $t(61) = -3.27$ ,  $p < .002$ ,  $d = 0.84$ , les adolescents,  $t(49) = 5.34$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.53$  et les jeunes adultes,  $t(45) = -5.69$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.70$ . Les enfants présentent également un taux de FA plus élevé que les adolescents  $t(69) = 3.28$ ,  $p < .002$ ,  $d = 0.79$  et les jeunes adultes  $t(57) = 3.96$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.05$ . Comme attendu, les adultes âgés présentent un taux de FA plus élevé que les autres groupes d'âge, en particulier pour les paires réarrangées. Le taux de FA des enfants pour les paires réarrangées est supérieur à celui des adolescents et des jeunes adultes, mais inférieur à celui des adultes âgés.

### **Condition AM**

On observe un effet simple significatif de l'âge,  $F(3,70) = 13.74$ ,  $p = .01$ ,  $p_1 = .61$ , du type de réponse,  $F(2,156) = 1,934$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .98$ , et une interaction entre les deux variables,  $F(6,84) = 9.29$ ,  $p < .01$ ,  $p_1 = .63$ . Comme précédemment, des comparaisons deux à deux ont été menées pour chaque type de réponse. En ce qui concerne les DC, les performances des enfants sont inférieures à celles des jeunes adultes,  $t(75) = -5.07$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.17$ , et des adultes âgés,  $t(80) = -5.13$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.15$ . Aucune des autres comparaisons n'est significative. Pour les FA sur les paires inédites, la seule comparaison significative concerne un taux de FA supérieur pour les adultes âgés comparativement aux jeunes adultes  $t(48) = 3.71$ ,  $p < .002$ ,  $d = 1.07$ . En ce qui concerne les FA sur les paires réarrangées, les adultes âgés présentent un taux de FA significativement plus élevé que les



enfants,  $t(77) = 4.66, p = .002, d = 1.06$ , les adolescents,  $t(72) = -5.70, p < .002, d = 1.34$ , et les jeunes adultes,  $t(75) = -6.34, p < .002, d = 1.47$ . Les comparaisons entre les enfants, les adolescents et les jeunes adultes ne révèlent pas de différence significative.

Dans le but de savoir si le taux élevé de FA des adultes âgés peut être réduit par un entraînement extensif, nous avons également examiné les taux de DC et de FA lors de la session post-entraînement de l'expérience 2. Encore une fois, il y a un effet simple significatif de l'âge,  $F(3,60) = 11.56, p < .01, p_1 = .61$ , du type de réponse,  $F(2,134) = 1,712, p < .01, p_1 = .98$ , ainsi qu'une interaction significative entre les deux variables,  $F(6,64) = 6.48, p < .01, p_1 = .61$ . Les comparaisons deux à deux ne montrent pas de différences entre groupes d'âge pour les DC et les FA sur les paires inédites. Cependant, les adultes âgés présentent toujours un taux de FA sur les paires réarrangées supérieur à celui des enfants,  $t(65) = 4.41, p < .002, d = 1.10$ ; des adolescents,  $t(73) = -5.76, p < .002, d = 1.35$  et des jeunes adultes,  $t(65) = 4.36, p < .002, d = 1.09$ .

Tableau 1 : moyennes et écarts-types des fréquences de détections correctes pour les paires cibles et de fausses alarmes pour les paires inédites et réarrangées après apprentissage et après entraînement

Groupe/consigne d'encodage	Fréquence de fausses alarmes					
	Fréquence de détections correctes		Paires inédites		Paires réarrangées	
	Post Apprentissage M (ET)	Post Entraînement M (ET)	Post Apprentissage M (ET)	Post Entraînement M (ET)	Post apprentissage M (ET)	Post Entraînement M (ET)
<b>Allemand-Allemand</b>						
Enfants	.81(.11)		.06(.06)		.12(.08)	
Adolescents	.87(.09)		.05(.04)		.07(.05)	
Jeunes adultes	.88(.06)		.04(.01)		.06(.04)	
Adultes âgés	.84(.11)		.06(.08)		.21(.16)	
<b>Allemand-Malais</b>						
Enfants	.68(.12)	.77(.14)	.09(.07)	.07(.06)	.32(.13)	.24(.13)
Adolescents	.73(.12)	.80(.14)	.08(.08)	.08(.09)	.29(.12)	.17(.16)
Jeunes adultes	.79(.08)	.82(.10)	.07(.04)	.07(.10)	.27(.12)	.21(.18)
Adultes âgés	.80(.10)	.82(.09)	.14(.13)	.13(.12)	.48(.17)	.41(.20)

## Discussion

### *Résumé des principaux résultats*

L'observation de patrons de performances différenciés apporte un éclairage sur les différences processuelles à l'œuvre dans les différents groupes. D'un côté, les personnes âgées ont montré des performances initiales légèrement supérieures à celles des enfants dans les conditions encodage de mots et encodage de paires. Ceci pourrait être le reflet d'un plus large répertoire de connaissances sémantiques des personnes âgées acquis au cours des expériences de vie. Les enfants, quant à eux, présentent le gain de performance le plus élevé à la suite de l'apprentissage de la stratégie dans la condition AA et à la suite de l'entraînement à la stratégie dans la condition AM. Nous en concluons que les enfants bénéficient davantage que les personnes âgées de la combinaison apprentissage-entraînement stratégique proposée par l'expérimentateur, ce qui démontre leur potentiel associatif latent. Cette interprétation est compatible avec l'hypothèse selon laquelle la composante associative de la mémoire épisodique est mature plus tôt que la composante stratégique, à la fois au niveau comportemental (Cowan, *et al.*, 2006; Sluzenski, *et al.*, 2006) et au niveau neuronal (Gogtay, *et al.*, 2004; Ofen, *et al.*, 2007; Sowell, *et al.*, 2003). Les personnes âgées, à l'opposé, ne bénéficient pas autant de l'apprentissage et de la pratique des stratégies mnémoniques que les enfants. Leur gain de performance est particulièrement faible dans la condition AM plus exigeante au niveau associatif, ce qui appuie l'hypothèse selon laquelle la mémoire épisodique des personnes âgées est handicapée par un déficit supplémentaire au niveau des liaisons associatives. Dans l'ensemble, les déficiences des personnes âgées en mémoire épisodique semblent provoquées par la diminution de l'efficacité de la composante associative et par la réduction du soutien provenant des processus d'élaboration et de contrôle liés à la composante stratégique. En accord avec cette interprétation, le déficit associatif des personnes âgées s'est révélé moins prononcé dans les conditions qui sollicitent moins la composante associative et l'utilisation auto initiée de stratégies, comme par exemple dans les cas où les éléments constituant l'épisode sont relativement faciles à associer pendant l'encodage (Castel & Craik, 2003; Naveh-Benjamin, Hussain, *et al.*, 2003).

Les adolescents et les jeunes adultes ont besoin de moins d'aide extérieure que les jeunes enfants et les personnes âgées pour améliorer leur performance mnésique. Dans la condition AA, les adolescents et les jeunes adultes ont amélioré leur performance de manière importante simplement grâce à la consigne les incitant à encoder les mots ensemble sous forme de paires. Des patrons différenciés de changement apparaissent lorsque l'on compare les résultats obtenus par les adolescents et par les jeunes adultes dans la condition AM : les jeunes adultes ont montré des améliorations de leur performance essentiellement après l'apprentissage stratégique, tandis que les adolescents ont montré des améliorations seulement après la pratique extensive. Ceci peut être dû à la grande difficulté de la condition AM qui rend pratiquement impossible la découverte autonome d'une stratégie, même pour de jeunes adultes. Pourtant, lorsqu'on leur propose une stratégie, les jeunes adultes semblent capables de l'appliquer immédiatement lors de l'encodage. Les adolescents, quant à eux, ont besoin de davantage d'entraînement pour mettre en pratique la stratégie apprise. La grande similarité des profils de performance observés chez les adolescents et les jeunes adultes dans la condition AA corrobore en partie l'hypothèse selon laquelle la composante stratégique est relative-

ment mature pendant l'adolescence, de manière synchrone avec l'accélération du développement du CPF après la puberté (Gogtay, *et al.*, 2004). En même temps, la différence entre les adolescents et les jeunes adultes dans la condition AM, plus difficile, appuie l'idée que la composante stratégique continue à se développer jusqu'à l'âge adulte.

### ***Contribution à la littérature, limites et perspectives***

La présente étude offre une nouvelle contribution en offrant une interprétation processuelle des variations, au cours de la vie, du fonctionnement de la mémoire épisodique basée sur la distinction entre composantes associative et stratégique (voir également Brehmer, *et al.*, 2007 ; Moscovitch, 1992 ; Werkle-Bergner, *et al.*, 2006). Nos observations de profils de performances différenciés pour ces deux composantes de la mémoire épisodique corroborent au niveau comportemental les découvertes des neurosciences cognitives qui suggèrent pour ces deux composantes des circuits fonctionnels séparés, mais en interaction. Plus particulièrement, le parallélisme observé chez les enfants entre l'émergence tardive de la composante stratégique et la maturation tardive du CPF est similaire au parallélisme observé chez la personne âgée entre le déficit spécifique de la composante stratégique de la mémoire épisodique et la détérioration relativement précoce de certaines aires du CPF (Werkle-Bergner, *et al.*, 2006). Malgré tout, la composante associative de la mémoire épisodique qui implique les LMT peut être relativement fonctionnelle vers le milieu de l'enfance, mais déficiente chez les personnes âgées, avec simultanément pour ces derniers des évolutions dues à la sénescence au niveau de l'hippocampe et du cortex entorhinal (Raz, *et al.*, 2007 ; Wilson, Gallagher, Eichenbaum, & Tanila, 2006). La dissociation « lifespan » entre les deux composantes offre un cadre possible d'explication susceptible de guider les travaux futurs visant à identifier les mécanismes spécifiques de changement au cours de la vie touchant la mémoire épisodique tant au niveau comportemental que neuronal.

Un résultat notable de cette étude est le niveau particulièrement élevé d'erreurs de FA commises par les personnes âgées en réponse aux distracteurs constitués de paires réarrangées. Même si les personnes âgées bénéficient globalement de l'apprentissage et de la pratique d'une stratégie, ce patron caractéristique ne disparaît pas. Apparemment, les déficits des personnes âgées au niveau associatif ne sont pas facilement compensés par l'apprentissage et la pratique extensive d'une stratégie focalisée uniquement sur l'encodage (voir également Naveh-Benjamin, *et al.*, 2007). Les difficultés persistantes des personnes âgées dans le rejet des paires réarrangées sont concordantes avec la proposition selon laquelle ces dernières se fient davantage au sentiment de familiarité pendant la récupération en mémoire et montrent une capacité réduite à se souvenir d'éléments spécifiques des événements passés (Daselaar, 2006 ; Healy, *et al.*, 2005). D'après la théorie neurocomputationnelle proposée par Li et ses collègues (Li, Lindenberger, & Sikström, 2001 ; Li, Naveh-Benjamin, & Lindenberger, 2005 ; Li, von Oertzen, & Lindenberger, 2006), une diminution dans la netteté des représentations due à une neuromodulation déficiente contribue aux difficultés des personnes âgées à tous les stades de l'apprentissage et de la mémorisation que sont l'encodage, la consolidation et la récupération en mémoire (voir Craik, 2006). Conformément à de nombreux résultats empiriques, cette théorie postule qu'une neuromodulation déficiente conduit à une activité neuronale bruitée. En conséquence, la tâche consistant à relier entre eux pendant l'encodage des événements vécus et mémorisés devient plus difficile, ce qui conduit à des représentations associati-

ves moins distinctes. À la récupération, ceci conduit à des difficultés dans la discrimination entre les associations réellement encodées et les leurres, conformément au modèle dégénératif de l'hippocampe (Wilson, *et al.*, 2006). De plus, les résultats des simulations indiquent qu'une neuromodulation suboptimale conduit à des patrons d'activation neuronale moins spécifiés, mais aussi à des niveaux d'activation neuronale plus élevés (Li, *et al.*, 2005). Si des représentations mnésiques très activées, déclenchées à tort par la présentation de leurres, conduisent à un plus grand sentiment d'assurance, alors la neuromodulation déficiente peut également aider à expliquer la tendance des personnes âgées à commettre des erreurs d'omission avec une grande confiance, comme le suggèrent des résultats récents (Dodson, Bawa, & Krueger, 2007 ; Shing, Werkle-Bergner, Li, & Lindenberger, *In press*).

De plus, le vieillissement peut affecter la composante stratégique de la mémoire épisodique en raison de dégénérescences au niveau de la structure et de l'efficacité des connexions du CPF (Buckner, 2004). Les processus stratégiques, sollicitant le CPF pendant l'encodage, le stockage en mémoire et la récupération sont supposés améliorer le rapport signal/bruit et guider la recherche en mémoire de façon pertinente par rapport à la tâche (Miller & Cohen, 2001 ; Simons & Spiers, 2003). Il est probable que le rejet de paires réarrangées sollicite très fortement le traitement contrôlé pendant la récupération pour contrecarrer la tendance à répondre sur la base de la familiarité.

Globalement, nous suggérons que les niveaux de FA excessivement élevés des adultes âgés sont le symptôme le plus visible d'un déclin général de l'apprentissage et de la mémorisation associative qui reflète les conséquences combinées de représentations mémorielles moins distinctes et d'une pondération moins efficiente des signaux déclenchés au niveau préfrontal. Les travaux futurs devront porter sur les contributions relatives des changements neurochimiques et neuroanatomiques dans les différentes aires du cerveau qui affectent ce déclin ainsi que sur leurs interactions. De plus, les recherches devront évaluer la malléabilité de ce déclin à l'intervention cognitive.

Dans cette étude, les manipulations expérimentales se situent surtout du côté de l'encodage. Il est cependant important de noter qu'il y a des différences liées à l'âge dans les opérations de récupération (Brainerd & Reyna, 2004 ; Ghetti & Angelini, 2008 ; Yonelinas, 2002). Par exemple, une étude récente de Naveh-Benjamin *et al.* (2007) a montré que l'incitation à utiliser des stratégies adaptées au moment de l'encodage et de la récupération résulte en une diminution plus importante du déficit associatif chez les adultes âgés que lorsque cette incitation ne porte que sur l'encodage (voir également l'entraînement focalisé sur la récupération, Bissig & Lustig, 2007 ; Dodson & Schacter, 2002 ; Jennings & Jacoby, 2003). Compte tenu du fait que le vieillissement a des effets plus marqués sur la recollection que sur la familiarité, les études à venir devraient examiner avec plus d'attention l'interaction entre les opérations d'encodage et de récupération ainsi que la manière dont cette interaction explique les performances mnésiques et les différences en fonction de l'âge.

La dernière question importante qui mérite selon nous d'être considérée, est l'intégration de l'approche développementale (sur laquelle nous avons insisté jusqu'à présent) et d'une perspective différentielle dans l'étude « lifespan » de la mémoire épisodique. La question centrale est la suivante : dans quelle mesure les composantes associatives et stratégiques, abordées jusqu'à présent en relation à l'âge, sont-elles à l'origine de différences individuelles dans le fonctionnement de la mémoire, à l'intérieur des groupes d'âge ? L'étude de cette question nous renseignera sur la généralité du modèle en

deux composantes. En outre, de futures recherches devront examiner les liens entre des différences interindividuelles anatomiques ou de fonctionnement neuronal au niveau des LMT et du CPF et des différences interindividuelles au niveau respectivement des aspects associatif et stratégique de la mémoire épisodique.

## ■ Bibliographie

- BALTES P.-B., & KLIEGL R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, 28, p. 121-125.
- BALTES P.-B., LINDENBERGER U., & STAUDINGER U.-M. (2006). Life Span Theory in Developmental Psychology. In R. M. Lerner & W. Damon (Éds.), *Handbook of child psychology: Vol 1. Theoretical models of human development* (6th Éd., p. 569-664). Hoboken, NJ US : John Wiley & Sons Inc.
- BIALYSTOK E., & CRAIK F.-I.-M. (2006). *Lifespan cognition*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- BISSIG D., & LUSTIG C. (2007). Who benefits from memory training? *Psychological Science*, 18, p. 720-726.
- BJORKLUND D.-F., & DE MARCHENA M.-R. (1984). Developmental shifts in the basis of organization in memory: The role of associative versus categorical relatedness in children's free recall. *Child Development*, 55, p. 952-962.
- BOWER G.-H., & WINZENZ D. (1970). Comparison of associative learning strategies. *PSYCHONOMIC SCIENCE*, 20, p. 119-120.
- BRAINERD C.-J., HOLLIDAY R.-E., & REYNA V.-F. (2004). Behavioral measurement of remembering phenomenologies: so simple a child can do it. *Child Development*, 75, p. 505-522.
- BRAINERD C.-J., & REYNA V.-F. (2004). *Fuzzy-trace theory and memory development*. *Developmental Review*, 24, p. 396-439.
- BREHMER Y., LI S.-C., MÜLLER V., VON OERTZEN T., & LINDENBERGER U. (2007). Memory plasticity across the life span: Uncovering children's latent potential. *Developmental Psychology*, 43, p. 465-478.
- BUCKNER R.-L. (2004). Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44 (1), p. 195-208.
- CASEY B.-J., GIEDD J.-N., & THOMAS K.-M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychiatry*, 54, p. 241-257.
- CASTEL A.-D., & CRAIK F.-I.-M. (2003). The effects of aging and divided attention on memory for item and associative information. *Psychology and Aging*, 18, p. 873-885.
- CHALFONTE B.-L., & JOHNSON M.-K. (1996). Feature memory and binding in young and old adults. *Memory & Cognition*, 24, p. 403-416.
- CHUGANI H.-T., PHELPS M.-E., & MAZZIOTTA J.-C. (1987). Positron emission tomography study of human brain functional development. *Annals of Neurology*, 22, p. 487-497.
- COWAN N., NAVEH-BENJAMIN M., KILB A., & SAULTS J.-S. (2006). Lifespan development of visual working memory: When is feature binding difficult. *Developmental Psychology*, 42, p. 1089-1102.
- CRAIK F.-I.-M. (2006). Remembering items and their contexts: Effects of aging and divided attention. In H. D. Zimmer, A. Mecklinger & U. Lindenberger (Éds.), *Handbook of binding and memory: A neurocognitive perspective*. (p. 315-338). Oxford: Oxford University Press.
- CRAIK F.-I.-M., & LOCKHART R.-S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, p. 671-684.
- DASELAAR S.-M. (2006). Effects of healthy aging on hippocampal and rhinal memory functions: an event-related fMRI study. *Cerebral Cortex*, 16, p. 1771-1782.
- DEMARIE-DREBLOW D., & MILLER P.-H. (1988). The development of children's strategies for selective attention: Evidence for a transitional period. *Child Development*, 59, p. 1504-1513.
- DEMPSTER F.-N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, p. 45-75.
- DIAMOND A., STUSS D., & KNIGHT R. (2002). *Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry Principles of frontal lobe function*. (p. 466-503). New York : Oxford University Press.

- DODSON C.-S., BAWA S., & KRUEGER L.-E. (2007). Aging, metamemory, and high-confidence errors: A misrecollection account. *Psychology and Aging*, 22, p. 122-133.
- DODSON C.-S., & SCHACTER D.-L. (2002). Aging and strategic retrieval processes: Reducing false memories with a distinctiveness heuristic. *Psychology & Aging*, 17, p. 405-415.
- DUNLOSKY J., & HERTZOG C. (1998). Aging and deficits in associative memory: What is the role of strategy use? *Psychology and Aging*, 13, p. 597-607.
- DUNLOSKY J., HERTZOG C., & POWELL-MOMAN A. (2005). The contribution of mediator-based deficiencies to age differences in associative learning. *Developmental Psychology*, 41, p. 389-400.
- EICHENBAUM H. (2002). *The cognitive neuroscience of memory: An introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- FERN E.-E., & MONROE K.-B. (1996). Effect-Size Estimates: Issues and Problems in Interpretation. *Journal of Consumer Research*, 23, p. 89-105.
- FLAVELL J.-H. (1970). Developmental studies of mediated memory. In H. W. Reese & L. P. Lipsitt (Éds.), *Advances in child development and behavior*. (Vol. 5, p. 181-211). New York: Academic Press.
- FLAVELL J.-H. (1992). Cognitive development: Past, present, and future. *Developmental Psychology*, 28, p. 998-1005.
- FLETCHER P.-C., SHALLICE T., & DOLAN R.-J. (1998). The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. I. Encoding. *Brain*, 121, p. 1239-1248.
- FLETCHER P.-C., SHALLICE T., FRITH C. D., FRACKOWIAK R.-S., & DOLAN R.-J. (1998). The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. II. Retrieval. *Brain*, 121, p. 1249-1256.
- GATHERCOLE S.-E. (1998). The development of memory. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39 (1), p. 3-27.
- GHETTI S., & ANGELINI L. (2008). The development of recollection and familiarity in childhood and adolescence: Evidence from the dual-process signal detection model. *Child Development*, 79, p. 339-358.
- GHETTI S., QIN J., & GOODMAN G.-S. (2002). False memories in children and adults: age, distinctiveness, and subjective experience. *DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY*, 38, p. 705-718.
- GOGTAY N., GIEDD J. N., LUSK L., HAYASHI K.-M., GREENSTEIN D., & VAITUZIS A. C. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 101, p. 8174-8179.
- GOGTAY N., NUGENT T.-F. 3rd, & HERMAN D. H. (2006). Dynamic mapping of normal human hippocampal development. *Hippocampus*, 16, p. 664.
- HEALY M. R., LIGHT L.-L., & Chung, C. (2005). Dual-process models of associative recognition in young and older adults: evidence from receiver operating characteristics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, p. 768-788.
- HEDDEN T., & GABRIELI J.-D.-E. (2004). Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, p. 87-97.
- JACOBY L.-L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, p. 513-541, 1991.
- JACOBY L.-L., & HAY J.-F. (1998). Age-related deficits in memory: Theory and application. In M.-A. Conway, S.-E. Gathercole & C. Cornoldi (Éds.), *Theories of memory*. (p. 111-134). Hove, United Kingdom: Psychology Press.
- JENNINGS J.-M., & JACOBY L.-L. (2003). Improving memory in older adults: Training recollection. *Neuropsychological Rehabilitation*, 13, p. 417-440.
- JOHNSON M.-K. (1992). MEM: Mechanisms of recollection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, p. 268-279.
- JOHNSON M.-K., HASHTROUDI S., & LINDSAY D. S. (1993). Source monitoring. *Psychological Bulletin*, 114, p. 3-28.
- JONES T.-C., & JACOBY L.-L. (2001). Feature and conjunction errors in recognition memory: Evidence for dual-process theory. *Journal of Memory and Language*, 45, p. 85-102.
- KAIL R.-V., & SALTHOUSE T.-A. (1994). Processing speed as a mental-capacity. *Acta Psychologica*, 86, p. 199-225.
- KAUSLER D.-H. (1994). *Learning and memory in normal aging*. New York: Academic Press.

- KEE D.-W., & GUTTENTAG R. (1994). Resource requirements of knowledge access and recall benefits of associative strategies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 57, p. 211-223.
- KLIEGL R., & LINDENBERGER U. (1993). Modeling intrusions and correct recall in episodic memory: Adult age differences in encoding of list context. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19 (3), p. 617-637.
- KLIEGL R., SMITH J., & BALTES P.-B. (1989). Testing-the-limits and the study of adult age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, 25, p. 247-256.
- KLIEGL R., SMITH J., & BALTES P.-B. (1990). On the locus and process of magnification of age differences during mnemonic training. *Developmental Psychology*, 26, p. 894-904.
- LEVIN J.-R. (1988). Elaboration-based learning strategies: Powerful theory = powerful application. *Contemporary Educational Psychology*, 13, p. 191-205.
- LI S. C., LINDENBERGER U., HOMMEL B., ASCHERSLEBEN G., PRINZ W., & BALTES P. B. (2004). Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychological Science*, 15, p. 155-163.
- LI S. C., LINDENBERGER U., & SIKSTRÖM S. (2001). Aging cognition: from neuromodulation to representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 5 (11), p. 479-485.
- LI S. C., NAVEH-BENJAMIN M., & LINDENBERGER U. (2005). Aging neuromodulation impairs associative binding: A neurocomputational account. *Psychological Science*, 16, p. 445-450.
- LI S. C., VON OERTZEN T., & LINDENBERGER U. (2006). A neurocomputational model of stochastic resonance and aging. *Neurocomputing*, 69, p. 1553-1560.
- LIGHT L.-L. (1991). Memory and aging: four hypotheses in search for data. *Annual Review of Psychology*, 42, p. 333-376.
- LIGHT L.-L., PRULL M.-W., LA VOIE D.-J., & HEALY M.-R. (2000). Dual process theories of memory in old age. In T. J. Perfect & E. A. Maylor (Eds.), *Models of cognitive ageing* (p. 238-300). New York : Oxford University Press.
- LINDENBERGER U., & BALTES P.-B. (1995). Testing-the-limits and experimental simulation: Two methods to explicate the role of learning in development. *Human Development*, 38, p. 349-360.
- LUCIANA M., CONKLIN H. M., HOOPER C.-J., & YARGAR R.- S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76 (3), p. 697-712.
- LUCK S.-J., & VOGEL E. -K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, p. 279-281.
- MILLER E.-K., & COHEN J.-D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, p. 167-202.
- MITCHELL K.-J., JOHNSON M.-K., RAYE C.-L., & D'Esposito M. (2000). fMRI evidence of age-related hippocampal dysfunction in feature binding in working memory. *Cognitive Brain Research*, 10, p. 197-206.
- MITCHELL K.-J., JOHNSON M.-K., RAYE C.-L., MATHER M., & D'ESPOSITO M. D. (2000). Aging and reflective processes of working memory: binding and test load deficits. *Psychology and Aging*, 15, p. 527-541.
- MOSCOVITCH M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, p. 257-267.
- MURRE J.-M.-J., WOLTERS G., & RAFFONE A. (2006). Binding in working memory and long-term memory: Towards an integrated model. In H. D. Zimmer, A. Mecklinger & U. Lindenberger (Eds.), *Handbook of binding and memory: Perspectives from cognitive neuroscience*. (p. 221-250). Oxford, UK : Oxford University Press.
- NAVEH-BENJAMIN M. (2000). Adult age differences in memory performance: Tests of an associative deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, p. 1170-1187.
- NAVEH-BENJAMIN M., BRAV T.-K., & LEVY O. (2007). The associative memory deficit of older adults: The role of strategy utilization. *Psychology and Aging*, 22, p. 202-208.
- NAVEH-BENJAMIN M., GUEZ J., KILB A., & REEDY S. (2004). The associative memory deficit of older adults: Further support using face-name associations. *Psychology & Aging*, 19, p. 541-546.
- NAVEH-BENJAMIN M., GUEZ J., & MAROM M. (2003). The effects of divided attention at encoding on item and associative memory. *Memory & Cognition*, 31, p. 1021-1035.

- NAVEH-BENJAMIN M., HUSSAIN Z., GUEZ J., & BAR-ON M. (2003). Adult age differences in episodic memory: Further support for an associative-deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*, p. 826-837.
- OAKES L.-M., ROSS-SHEEHY S., & LUCK S. J. (2006). Rapid development of feature binding in visual short-term memory. *Psychological Science*, *17*, p. 781-787.
- OFEN N., KAO Y. C., SOKOL-HESSNER P., KIM H., WHITFIELD-GABRIELI S., & GABRIELI J.-D. (2007). Development of the declarative memory system in the human brain. *Nature Neuroscience*, *10*, p. 1198-1205.
- OLD S. R., & NAVEH-BENJAMIN M. (2008). Differential effects of age on item and associative measures of memory: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, *23* (1), p. 104-118.
- PAUS T. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, p. 60-68.
- PRULL M.-W., GABRIELI J.-D. E., BUNGE S.-A., CRAIK F.-I.-M., & SALTHOUSE T.-A. (2000). Age-related changes in memory: A cognitive neuroscience perspective. *The handbook of aging and cognition*. (p. 91-153).
- RAZ N., LINDENBERGER U., GHISLETTA P., RODRIGUE K. M., KENNEDY K.-M., & ACKER J.-D. (2007). Neuroanatomical correlates of fluid intelligence in healthy adults and persons with vascular risk factors. *Cerebral Cortex*, *15*, p. 1676-1689.
- RAZ N., LINDENBERGER U., RODRIGUE K. M., KENNEDY K. M., HEAD D., WILLIAMSON A., et al. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: General trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, *15*, p. 1676-1689.
- REESE H.-W. (1962). Verbal mediation as a function of age level. *Psychological Bulletin*, *59*, 502-509.
- Richardson, J.-T.-E. (1998). The availability and effectiveness of reported mediators in associative learning: A historical review and an experimental investigation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*, p. 597-614.
- ROHWER W.-D., Jr., & REESE H.-W. (1973). Elaboration and learning in childhood and adolescence. *Advances in child development and behavior*. (Vol. 8, p. 1-57).
- SCHNEIDER W., & PRESSLEY M. (1997). *Memory development between two and twenty* (2nd Éd.). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- SHING Y.-L., WERKLE-BERGNER M., LI S.-C., & LINDENBERGER U. (2008). Associative and strategic components of episodic memory: A life-span dissociation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137* (3), p. 495-513.
- SHING Y.-L., WERKLE-BERGNER M., LI S.-C., & LINDENBERGER U. (2009). Committing memory errors with high confidence: Older adults do but children don't. *Memory*, *17*(2), p. 169-179
- SHRAGER J., & JOHNSON M.-H. (1996). Dynamic plasticity influences the emergence of function in a simple cortical array. *Neural Networks*, *9*, p. 1119-1129.
- SIEGLER R.-S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- SIMONS J.-S., & SPIERS H.-J. (2003). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, p. 637-648.
- SINGER T., LINDENBERGER U., & BALTES P. B. (2003). Plasticity of memory for new learning in very old age: a story of major loss? *Psychol Aging*, *18*, p. 306-317.
- SLUZENSKI J., NEWCOMBE N., & KOVACS S.-L. (2006). Binding, relational memory, and recall of naturalistic events: A developmental perspective. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *32*, p. 89-100.
- SLUZENSKI J., NEWCOMBE N., & OTTINGER W. (2004). Changes in reality monitoring and episodic memory in early childhood. *Developmental Science*, *7*, p. 225-245.
- SNOODGRASS J.-G., & CORWIN J. (1988). Pragmatics of measuring recognition memory: Applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*, p. 34-50.
- SOWELL E.-R., PETERSON P.-B., THOMPSON P.-M., WELCOME S.-E., HENKENIUS A.-L., & TOGA A. W. (2003). Mapping cortical change across the human lifespan. *Nature Neuroscience*, *6*, p. 309-315.
- SPENCER W.-D., & RAZ N. (1995). Differential effects of aging on memory for content and context: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, *10* (4), p. 527-539.
- SQUIRE L.-R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, *82*, p. 171-177.



- TREISMAN A. (1996). The binding problem. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, p. 171-178.
- TULVING E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory*. (p. 381-403). Oxford, UK : Academic Press.
- VERHAEGHEN P., MARCOEN A., & GOOSSENS L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7, p. 242-251.
- WERKLE-BERGNER M., MÜLLER V., LI S., & LINDENBERGER U. (2006). Cortical EEG correlates of successful memory encoding: Implications for lifespan comparisons. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30 (6), p. 839-854.
- WILSON I.-A., GALLAGHER M., EICHENBAUM H., & TANILA H. (2006). Neurocognitive aging: prior memories hinder new hippocampal encoding. *Trends in Neuroscience*, 29, p. 662-670.
- YONELINAS A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, p. 441-517.
- ZACKS R.-T., HASHER L., & LI K. Z. H. (2000). Human memory. In T. A. Salthouse & F. I. M. Craik (Eds.), *Handbook of aging and cognition*. (p. 293-357). Mahwah, NJ, US : Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- ZIMMER H.-D., MECKLINGER A., & LINDENBERGER U. (2006). *Handbook of binding and memory: Perspectives from cognitive neuroscience*. Oxford University Press.