



UNIVERSITÉ FRANÇOIS - RABELAIS
DE TOURS



Ecole doctorale : Santé, Science et Technologie
Laboratoire : UMR-CNRS 6234 CeRCA

THÈSE présentée par :

Charlotte FROGER

soutenue le : **16 novembre 2010**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université François - Rabelais**

Discipline/ Spécialité : **Psychologie Cognitive**

**Déclin de la mémoire épisodique au cours du vieillissement
normal : étude des médiateurs du déficit des processus
stratégiques**

Thèse dirigée par :

TACONNAT Laurence

Professeur

Université de Tours

Rapporteurs :

COLLETTE Fabienne

Maître de Recherche

Université de Liège

LEMAIRE Patrick

Professeur

Université d'Aix-Marseille I

Jury :

ISINGRINI Michel

Professeur

Université de Tours

IZAUTE Marie

Professeur

Université de Clermont-Ferrand II

Résumé

L'objectif de ce travail était d'appréhender le déficit associatif en mémoire épisodique des adultes âgés en termes de déclin des processus stratégiques. Comme composantes du déficit lié à l'âge des processus stratégiques, nous avons étudié les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées, puis dans le cadre de la métamémoire en tant que processus de régulation, et finalement selon une approche neuropsychologique nous avons considéré le fonctionnement exécutivo-frontal comme élément essentiel de la mise en œuvre de stratégies mnésiques. L'ensemble des résultats suggère que le déficit associatif des adultes âgés est en partie dû à leur diminution des capacités d'initiation, d'exécution et d'adaptation de stratégies lors de l'encodage et de la récupération. En outre, le dysfonctionnement exécutif des adultes âgés limiterait leur capacité d'exploiter efficacement une stratégie mise en œuvre à l'apprentissage et à la récupération. Toutefois, l'augmentation de la quantité de support cognitif et l'amélioration de la qualité de ce dernier a permis de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Globalement, ce travail suggère que les adultes âgés bénéficieraient d'une réserve cognitive qui leur permettrait, à condition de support et d'entraînement cognitif, de compenser en partie leur déficit associatif en mémoire épisodique.

Mots-clés : Vieillesse, Mémoire Episodique, Déficit Associatif, Stratégies, Fonctions Exécutives, Métamémoire.

Abstract

The main goal of this thesis was to evaluate the age-related associative memory deficit in terms of encoding and retrieval strategies impairment. We studied memory strategies in terms of control processes, then within metamemory framework in terms of regulation process, and finally according to a neuropsychological approach we considered the executive control as a critical factor in the implementation of memory strategies. Results suggest that the age-related associative deficit is partly due to their reduction of the abilities of initiation, implementation and adaptation of strategies during encoding and retrieval. Moreover, the age-related executive dysfunction would restrict their ability to exploit efficiently a strategy implemented during encoding and/or retrieval. Nevertheless, the increase of the quantity of cognitive support and the improvement of its quality allowed compensating their associative deficit in episodic memory. Finally, this thesis suggests that older adults benefit from cognitive plasticity which would allow them, on the condition of support and on cognitive training, partly compensating their associative memory deficit.

Key-words: Aging, Episodic Memory, Associative Deficit, Strategies, Executive Functions, Metamemory.

Introduction générale.....	6
Chapitre 1 : Cadre Théorique	10
Partie 1 : Les différents systèmes de mémoire.....	11
1. Modèle de Tulving (1985, 1995)	11
2. Fonctionnement de la mémoire épisodique	15
1.1. Processus d'encodage et de récupération	15
1.2. Théorie du double codage (Paivio & Csapo, 1973).....	16
1.3. Théorie des niveaux du traitement (Craik & Lockhart, 1972)	18
La discrimination (distinction)	18
L'élaboration	20
Principe d'encodage spécifique	22
Partie 2 : Mémoire et vieillissement	25
2.1. Modifications cérébrales	35
2.2. Modifications cérébrales et mémoire épisodique	36
2.3. Hypothèse exécutivo-frontale.....	38
Partie 3 : Métacognition et Métamémoire.....	51
1. Modèles de la métacognition	52
1.1. Modèle de Flavell (1979)	52
1.2. Modèle de Nelson et Narens (1990)	53
2. Modèles de la métamémoire	54
2.1. Modèle de Flavell et Wellman (1977)	55
2.2. Modèle de Nelson et Narens (1990)	56
3. Fonctions de la métamémoire	57
3.1. Connaissances métamnésiques et opérationnalisation.....	57
3.2. Régulation mnésique	60
4. Métamémoire et vieillissement	65
4.1. Questionnaires métamnésiques.....	65
4.2. Jugements métamnésiques.....	66
4.3. Régulation mnésique	69
5. Métamémoire et fonctionnement exécutif.....	72
5.1. Questionnaires métamnésiques.....	73
5.2. Mesures simultanées : jugements métamnésiques.....	74

5.3. Régulation mnésique	76
Chapitre 2 : Problématique générale.....	81
Chapitre 3 : Travaux expérimentaux.....	87
1. Mesures des fonctions exécutives	143
2. Mesures de vitesse de traitement	144
3. Mesures de mémoire.....	144
4. Effets de l'âge sur les mesures de fonctions exécutives, de vitesse de traitement, de mémoire et sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association.....	145
5. Effets de l'âge sur les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire	146
6. Rôles de l'âge et des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire dans l'explication des performances de mémoire.....	147
Chapitre 4 : Discussion générale	189
Conclusion générale	197
Références Bibliographiques.....	200
Annexes	233

Introduction générale

La population mondiale vieillit. Le nombre de personnes âgées de plus de 65 ans ou de plus de 80 ans a très fortement augmenté au cours de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. Il continuera d'augmenter au cours de la première moitié du 21^{ème} siècle pour atteindre un pic vers 2030 (voir pour revue Lutz, Sanderson, & Scherbov, 2008). Le vieillissement de la population s'explique par plusieurs facteurs. L'augmentation de la durée de vie est un facteur important. Les origines de cette augmentation sont nombreuses (e.g., diminution de la mortalité infantile, progrès en matière d'hygiène et de soins). Outre le constat d'une population mondiale vieillissante, divers problèmes sociaux et individuels accompagnent cette évolution, tels que la prise en charge des retraites des personnes âgées, l'augmentation de la prévalence des pathologies neurodégénératives liées au vieillissement, le coût financier des soins des personnes âgées, la possibilité de vivre de manière autonome le plus longtemps, l'organisation de milieux de vie propices au bien-être et à l'épanouissement, etc. Le vieillissement est donc un concept multifacettes qui prend en compte l'âge chronologique de l'individu mais aussi les modifications biologiques et cognitives qui y sont associées ainsi que des aspects plus socioaffectifs. Ces bouleversements démographiques ont encouragé le développement d'une discipline récente dans l'histoire des sciences, à savoir la psychologie du vieillissement. Les travaux réalisés dans le domaine de la psychologie du vieillissement cognitif ont révélé que le vieillissement se caractérise par une diminution des performances cognitives dans de nombreux domaines cognitifs (voir pour revue Ballesteros, Nilsson, & Lemaire, 2009). Il semble que la mémoire soit une des habilités les plus affectées par le vieillissement. En effet, l'apparition des troubles mnésiques est souvent mise en avant dans les descriptions psychologiques des déficits dus à l'âge. De plus, les pertes de mémoire sont considérées par les personnes âgées comme l'un des aspects du vieillissement le plus gênant dans leur vie quotidienne. On comprend aisément l'ampleur de cette gêne lorsque l'on considère que la mémoire est à la base de toutes les activités cognitives et qu'elle tient un rôle crucial pour la compréhension de nous-même, la construction de notre identité et de nos rapports aux autres et au monde environnant. Compte tenu de son importance, le vieillissement mnésique est devenu un domaine d'étude bien développé car il présente un double intérêts sur le plan fondamental et pratique. D'un point de vue fondamental, il permet de préciser l'évolution du profil mnésique avec l'âge, mais aussi d'évaluer les modèles généraux de la mémoire. D'un point de vue pratique, une meilleure connaissance des potentiels mnésiques des personnes âgées contribue à la réflexion plus générale sur la vie personnelle et en société et à la mise en place d'applications répondant aux difficultés

rencontrées dans leur vie quotidienne. Aussi avons-nous envisagé ce travail de thèse dans ces deux perspectives. Sur le plan fondamental, il s'agissait de mieux comprendre les mécanismes par lesquels le déclin en mémoire épisodique des personnes âgées pouvait s'expliquer. Nous nous sommes appuyés sur l'hypothèse exécutivo-frontale afin d'examiner les processus stratégiques lors de l'encodage et de la récupération d'informations en mémoire épisodique. Sur un plan plus pratique, il s'agissait d'examiner si les personnes âgées pouvaient bénéficier d'un support cognitif qui leur permettrait de compenser leur déficit en mémoire épisodique. Ainsi, dans la perspective de l'hypothèse du support environnemental nous avons examiné la capacité d'adultes âgés à utiliser des stratégies mnémotechniques pour améliorer leur performance en mémoire épisodique.

Ce document s'organise en quatre chapitres : 1) le cadre théorique ; 2) la problématique ; 3) les travaux expérimentaux ; et 4) la discussion générale. Le **premier chapitre** aborde les données de la littérature ayant permis d'élaborer notre problématique. Il se compose de trois parties, dont la première présente brièvement les différents systèmes de mémoire et propose une définition plus détaillée de la mémoire épisodique et de son fonctionnement. La deuxième partie de ce chapitre est consacrée aux effets du vieillissement sur la mémoire épisodique. Dans un premier temps, nous présenterons les déficits liés à l'âge des processus associatifs et des processus stratégiques, puis dans une perspective neuropsychologique nous décrirons l'hypothèse exécutivo-frontale du vieillissement de la mémoire épisodique. Finalement, dans la troisième partie, nous aborderons de façon générale les concepts de métacognition et de métamémoire, puis nous présenterons plus spécifiquement les études qui considèrent les stratégies mnésiques en tant que processus de régulation et ferons le lien entre vieillissement, fonctionnement exécutif, métamémoire et mémoire épisodique.

Dans le **deuxième chapitre**, nous présentons la problématique de notre travail de recherche.

Le **troisième chapitre** correspond à l'ensemble des travaux expérimentaux que nous avons menés. Deux expériences sont présentées, la première consistait à approfondir les connaissances sur la capacité des personnes âgées à adapter leur temps d'étude selon leur propre estimation de la difficulté de la tâche. La deuxième expérience découle directement des résultats de la première, nous avons élaboré un paradigme expérimental permettant de faire varier le niveau du support environnemental à l'encodage selon trois modalités. Dans la condition sans support, nous n'avons proposé aucune stratégie. Dans la condition avec un support environnemental modéré, nous avons fourni des stratégies d'encodage. Enfin, dans la

condition avec un support environnemental élevé, nous avons précisé l'efficacité des stratégies proposées. L'objectif général de cette deuxième expérience était d'examiner les processus stratégiques lors de l'encodage et de la récupération, ainsi que les mécanismes par lesquels ces processus étaient sous-tendus. Compte tenu de la complexité de cette question, nous avons décidé de découper cette expérience en neuf études. Dans la première étude, nous avons examiné la capacité d'adultes âgés à bénéficier d'un support environnemental à l'encodage pour adapter efficacement leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche (i.e., degré d'association des paires de mots à apprendre) et ainsi compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. La deuxième étude examine le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées. La troisième étude examine la répartition et le type de stratégies utilisées par chacun des groupes d'âge selon le niveau du support environnemental et le degré d'association des mots à étudier. La quatrième étude examine le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans le déficit d'utilisation des stratégies à l'encodage. Dans la cinquième étude, nous avons évalué la capacité des deux groupes d'âge à utiliser efficacement une stratégie d'encodage, puis dans la sixième étude, nous avons examiné le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans le déficit d'utilisation efficace d'une stratégie d'encodage. La septième étude teste l'hypothèse d'un déficit lié à l'âge de la récupération des stratégies et la huitième étude évalue la capacité des deux groupes d'âge à exploiter efficacement la récupération d'une stratégie pour améliorer leur performance mnésique. Enfin, la neuvième étude examine le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans la diminution du bénéfice que tirent les personnes âgées de la récupération d'une stratégie.

Finalement, dans le **quatrième chapitre** nous discuterons l'ensemble des résultats obtenus, puis en guise de conclusion générale nous résumerons les apports du présent travail à la connaissance du déclin en mémoire épisodique des personnes âgées d'un point de vue fondamental et pratique.

Chapitre 1 : Cadre Théorique

Partie 1 : Les différents systèmes de mémoire

Plutôt que de parler de la mémoire, on s'accorde sur l'idée qu'il existe plusieurs types de mémoire. Tulving (1991, 1995) a proposé un modèle composé de cinq systèmes mnésiques : la mémoire épisodique, la mémoire sémantique, la mémoire procédurale, la mémoire à court terme (ou mémoire de travail) et le système de représentations perceptives. La mise en évidence de ces différents systèmes de mémoire provient surtout de travaux réalisés en neuropsychologie et s'est fondée dans un premier temps sur des oppositions dichotomiques en référence aux capacités perturbées ou préservées dans le syndrome amnésique. Ces diverses structures spécialisées ont été intégrées dans différentes approches théoriques de la mémoire au fur et à mesure de leur découverte. Dans ce contexte, nous présenterons le modèle SPI (pour Sériel, Parallèle et Indépendant) de Tulving (1995) qui constitue une des synthèses les plus unanimes des différentes conceptions de la mémoire humaine.

1. Modèle de Tulving (1985, 1995)

Tulving (1985) propose un modèle d'organisation monohiérarchique de la mémoire composé de trois systèmes : la mémoire épisodique, le mémoire sémantique et la mémoire procédurale. Ce modèle est présenté dans la *Figure 1*.

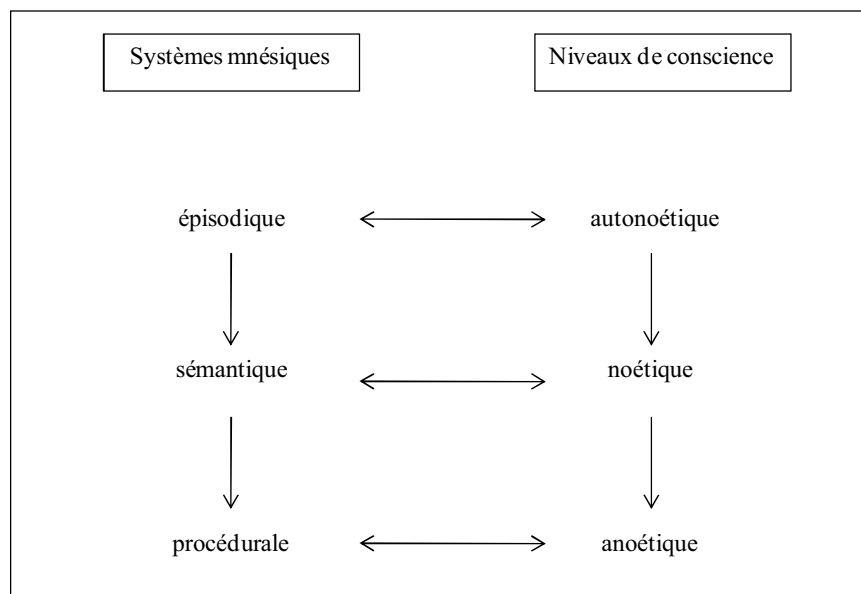


Figure 1. Modèle monohiérarchique de la mémoire de Tulving (1985)

Ce modèle reflèterait l'évolution ontogénétique et phylogénétique, la mémoire épisodique étant considérée comme la forme de la mémoire la plus évoluée. Elle serait fonctionnelle tardivement chez l'enfant et s'observerait uniquement chez les mammifères supérieurs. Elle serait également la plus sensible aux effets du vieillissement.

Dans sa formulation plus récente (Tulving, 1995), le modèle d'organisation hiérarchique SPI est complété par deux systèmes : le système de représentations perceptives (ou PRS) et la mémoire de travail. Ce modèle est présenté dans la *Figure 2*.

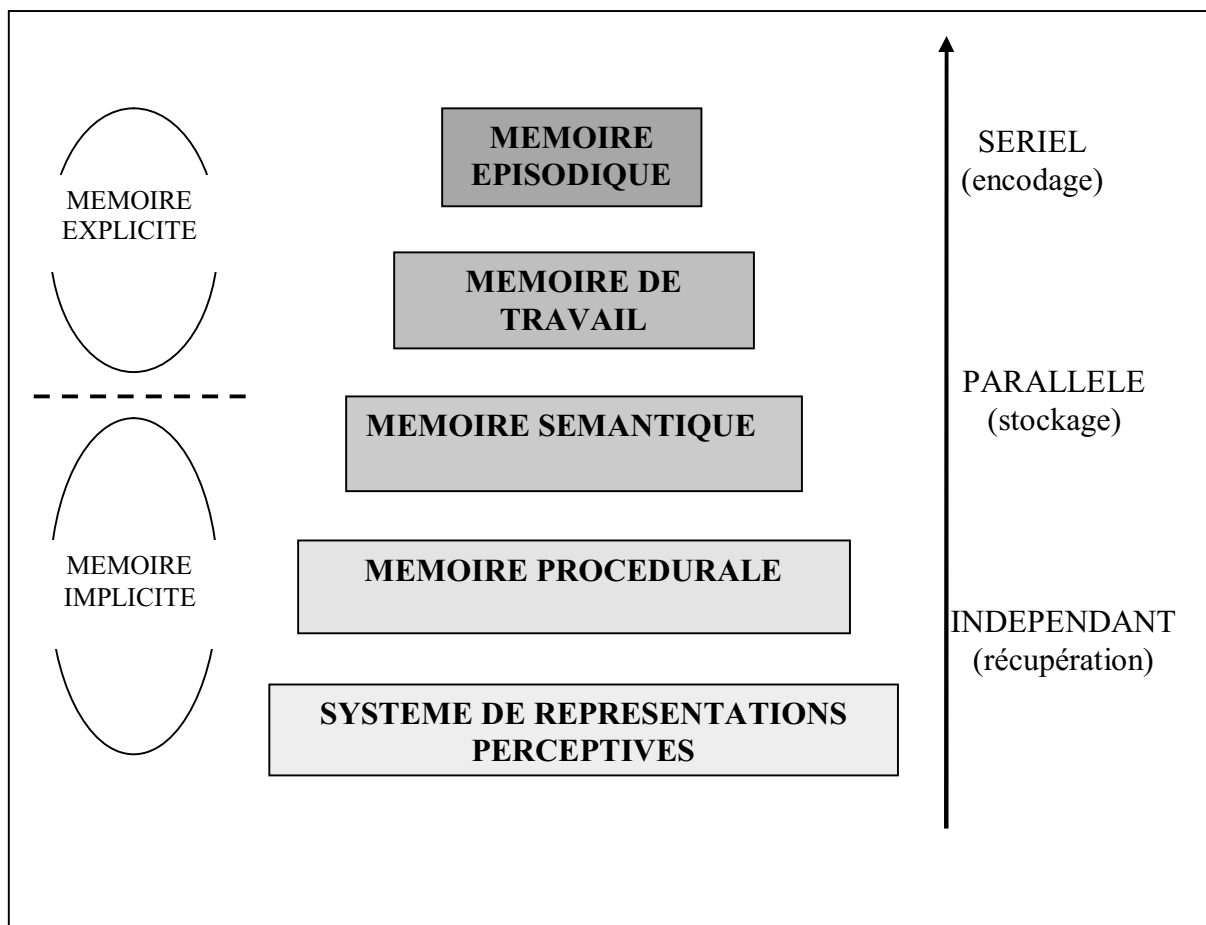


Figure 2. Modèle structural hiérarchisé SPI de la mémoire de Tulving (1995)

Le PRS permet l'acquisition et le maintien des connaissances relatives à la forme et à la structure de l'information (structure des objets, forme visuelle et auditive des mots). La mémoire procédurale est la mémoire des savoir-faire, elle est impliquée dans l'apprentissage inconscient des habilités motrices (faire du vélo, utiliser un outil, jouer d'un instrument), perceptives (la lecture) et cognitives (procédures stratégiques). La mémoire à court terme (ou mémoire de travail) permet le maintien temporaire d'une information (aller chercher tel objet dans telle pièce de la maison) et sa manipulation pour la réalisation d'opérations cognitives

(se souvenir d'une retenue lors d'une addition). La mémoire sémantique fournit à l'individu le matériel pour penser, elle renvoie aux connaissances générales sur le monde, en dehors de tout contexte spatio-temporel d'acquisition. Par opposition à la mémoire sémantique, les informations en mémoire épisodique sont organisées de manière temporelle et spatiale. La mémoire épisodique permet à l'individu de « voyager mentalement » dans son propre passé et de replacer ses souvenirs dans leur contexte spatio-temporel d'acquisition. Son rôle est donc fondamental puisqu'en regroupant le souvenir de nos expériences personnelles elle est la base de la construction de notre identité.

L'ensemble de ces cinq systèmes mnésiques collaborent pour remplir les trois fonctions de la mémoire : enregistrer les informations nouvelles, les conserver et les récupérer. Selon cette conception, il existerait une hiérarchie au niveau des systèmes mnésiques allant des systèmes inférieurs vers les systèmes supérieurs dans l'ordre de présentation de la *Figure 2*. L'encodage s'effectue de façon *sérielle* à partir du PRS, puis l'information est transmise éventuellement à la mémoire sémantique, et dans certains cas à la mémoire épisodique (Eustache, 2003). Les informations sont stockées en *parallèle* dans ces trois systèmes de mémoire à partir desquels la récupération sera réalisée de manière *indépendante*. Tandis que les systèmes inférieurs auraient un fonctionnement quasi indépendant, une majorité des opérations réalisées par les systèmes supérieurs dépendrait des opérations des niveaux inférieurs. Toutefois, ce modèle n'exclut pas la possibilité de restituer une information issue d'un système supérieur alors que les systèmes inférieurs sont défaillants. En effet, selon Tulving (1995), l'encodage dans un système dépend de la qualité de l'encodage dans le système inférieur, alors que le rappel d'informations stockées dans un système est indépendant du rappel dans les autres systèmes. Ces différents systèmes peuvent également être regroupés selon le mode d'accès à l'information mémorisée. Soit cet accès est automatique et non conscient et dépend du système de mémoire implicite, soit il s'effectue selon un mode contrôlé et volontaire et dépend du système de mémoire explicite. Le système de mémoire explicite correspond aux apprentissages accessibles à la conscience, tandis que le système de mémoire implicite fait référence à un groupe hétérogène de capacités d'apprentissage qui ont en commun la caractéristique de ne pas être conscientes. Classiquement, la mémoire procédurale et le PRS sont considérés comme implicites, tandis que la mémoire de travail et la mémoire épisodique sont classées comme explicites. Concernant la mémoire sémantique, elle interviendrait à la fois dans la récupération explicite des connaissances et dans leur actualisation implicite par amorçage conceptuel. Compte tenu de la thématique de notre travail, nous nous centrerons sur la mémoire épisodique.

La mémoire épisodique est conçue comme essentiellement « biographique », c'est-à-dire constituée d'informations particulières aux individus, le plus souvent datées et localisées. Selon Tulving (1983), la mémoire épisodique est à l'origine du souvenir des événements propres à l'expérience individuelle, localisés dans le temps et dans l'espace. La mémoire épisodique permet donc à un individu de se souvenir des événements qu'il a personnellement vécus dans un contexte spatial et temporel particulier. La mémoire épisodique implique une prise de conscience de l'identité propre de l'individu dans le champ subjectif s'étendant du passé au futur (Eustache, 2003). Ce va et vient incessant du passé au futur et cette prise de conscience de l'identité sont essentiels dans le concept de mémoire épisodique. Elle est considérée par Tulving comme intégrée dans la mémoire explicite. Les informations y seraient peu organisées, peu interconnectées et susceptibles d'être assez facilement oubliées.

Conclusion

Une des limites de ce modèle est de ne pas préciser les relations entre le système d'action (mémoire procédurale) et les quatre autres systèmes de représentation (mémoire épisodique, mémoire de travail, mémoire sémantique et PRS). Les publications plus récentes de Tulving (2001, 2002) mettent l'accent sur les relations entre le PRS, la mémoire sémantique et la mémoire épisodique. Néanmoins, le modèle SPI présente de manière originale l'intérêt d'intégrer au sein de ces cinq systèmes les relations entre mémoire et conscience. C'est en effet Tulving qui insiste le premier sur la pertinence d'associer à la récupération des informations en mémoire une composante essentielle à ce processus qui est la prise de conscience du sujet et de son identité propre dans les phénomènes mnésiques. Aussi, il suggère que les cinq systèmes mnésiques de son modèle SPI sont caractérisés par des états de conscience différents : auto-noétique, noétique et anoétique. La mémoire épisodique serait le seul système mnésique de représentation nécessitant une conscience auto-noétique. Lors de la récupération d'un souvenir épisodique, la conscience auto-noétique permet de se souvenir d'un événement passé en « voyageant mentalement » dans le temps afin de le revivre dans son contexte spatio-temporel d'apprentissage (Tulving, 1995 ; Wheeler, Stuss & Tulving, 1997). La mémoire de travail et la mémoire sémantique dépendraient de la conscience noétique. En mémoire sémantique, la conscience noétique permet de récupérer des connaissances sans que l'objet qui donne lieu à la réflexion soit perceptivement présent et sans l'impression de reviviscence qui caractérise la mémoire épisodique (pour revue, voir Eustache & Desgranges, 2003). Enfin, un dernier état de conscience qualifié d'anoétique se

réfère à la non conscience des connaissances et de leur contexte d'acquisition et serait impliqué dans les habiletés procédurales et les représentations perceptives.

2. Fonctionnement de la mémoire épisodique

Le fonctionnement de la mémoire épisodique se caractérise à la fois par les processus participant à l'encodage de l'information et par les processus intervenant lors de la récupération. Ainsi, la qualité de la mémorisation dépend à la fois de la nature des processus d'encodage et de récupération.

1.1. Processus d'encodage et de récupération

L'encodage est défini comme étant un ensemble d'activités cognitives par lesquelles les individus vont traiter et transformer les caractéristiques d'une information en une trace mnésique. Ces activités cognitives peuvent être regroupées sous le terme de stratégies d'apprentissage. Elles sont consciemment et volontairement mises en place par les individus elles diffèrent selon la nature des informations à apprendre, et permettent de faciliter et d'améliorer la qualité de l'apprentissage en augmentant la capacité à stocker ces informations.

Dans ce cadre, de nombreuses études ont manipulé les consignes d'apprentissage et le matériel à mémoriser afin de mieux connaître l'influence de ces stratégies d'apprentissage sur la capacité de stockage en mémoire. Parmi les premières études dans le domaine, on peut en distinguer deux menées par Reed (1918a, 1918b) dans lesquelles il s'agissait d'examiner le type de stratégie utilisé spontanément en fonction du type de matériel à apprendre. Il demandait à des participants parlant l'anglais d'apprendre quatre listes de paires d'items : deux listes de paires de mots anglais non associés sémantiquement (ocean-arm), une troisième liste de paires de mots allemands accompagnés de leur traduction anglaise (münze « monney » - weizen « corn »), et une quatrième liste composée de paires de non mots (consonne-voyelle-consonne). Lorsque Reed a demandé aux participants de préciser leur méthode d'apprentissage, ces derniers reportaient avoir plutôt utilisé pour l'apprentissage des paires de mots en anglais, soit des stratégies d'association basées sur des caractéristiques sémantiques, soit des images mentales ou des phrases. Tandis que pour les deux autres listes de paires d'items (paires de mots allemands et paires de non mots), les participants utilisaient également des stratégies d'association, mais davantage basées sur des caractéristiques

phonologiques que ces paires d'items partageaient avec des mots anglais. Reed (1918a) précise également que les participants reportaient avoir utilisé des stratégies d'association pour la plupart des paires d'items, mais que certaines avaient été étudiées « mécaniquement », c'est-à-dire automatiquement sans volonté particulière d'élaborer une stratégie d'association. Par ailleurs, l'utilisation de stratégies d'association lors de l'encodage de chacune des listes était non seulement positivement corrélée aux performances de rappel effectué le jour même, mais également le jour suivant. Ainsi, Reed (1918a) en conclut que l'élaboration de stratégies d'association lors de l'apprentissage avait un impact décisif sur la qualité de l'encodage et permettait une meilleure rétention et récupération des informations.

1.2. Théorie du double codage (Paivio & Csapo, 1973)

Depuis ces premiers résultats, de nombreuses théories ont émergé et ont permis de mieux comprendre comment la qualité de la mémorisation dépendait des opérations cognitives effectuées lors de l'encodage. Parmi ces théories, on distingue la théorie du double codage (Paivio & Csapo, 1969) qui met en évidence l'importance de l'utilisation de l'imagerie mentale dans les tâches de mémoire. Par exemple, en manipulant la valeur d'imagerie des stimuli présentés à l'apprentissage, un résultat classique apparaît montrant la supériorité du rappel des mots concrets sur celui des mots abstraits (Paivio, 1971, 1986, 1991). Cette supériorité est habituellement attribuée au fait que les stimuli à valeur d'imagerie élevée, tels que les mots concrets, facilitent l'élaboration d'un codage imagé associé au codage verbal. Bénéficiant ainsi d'un double codage, ces stimuli présentent une probabilité plus élevée d'être stockés plus durablement en mémoire et d'être plus facilement récupérés lors de la phase de recherche en mémoire.

Plus récemment, Richardson (1998) a confirmé et approfondi ces résultats. Les participants étudiaient deux listes de paires de mots concrets dont le degré d'association variait. Une des deux listes était étudiée sans consigne particulière d'apprentissage et l'autre avec une consigne d'imagerie mentale indiquant aux participants de relier les deux mots de chaque paire au sein d'une seule image mentale. Après chaque phase d'apprentissage les participants étaient soumis à un rappel indicé et à un questionnaire. Ce questionnaire récapitulait l'ensemble des paires de mots relatif à chacune des listes d'apprentissage où les participants devaient préciser pour chacune des paires de mots : la stratégie utilisée (imagerie mentale, construction d'une phrase, répétition, autre, aucune) ; le degré d'association sur une

échelle de 1 (non associés) à 7 (fortement associés) ; et la facilité de faire interagir les deux mots au sein d'une même image mentale sur une échelle de 1 (pas facile ou faible imagerie) à 7 (très facile ou forte imagerie). Les principaux résultats confirment que la stratégie d'imagerie mentale est préférentiellement utilisée pour l'apprentissage de paires de mots concrets et qu'elle est également la plus efficace (McDaniel & Kearney, 1984 ; Paivio, Smythe, & Yuille, 1968 ; Paivio, Yuille, & Smythe, 1966 ; Richardson, 1978, 1985). Confirmant également les résultats de précédentes études, l'utilisation de phrases est associée à l'étude des mots estimés avec une faible valeur d'imagerie (Paivio et al., 1966 ; Richardson, 1978) et à l'étude des mots estimés fortement associés.

Richardson (1998) montre également que la stratégie d'imagerie permet d'obtenir de meilleures performances en mémoire que les autres stratégies, avec par ordre d'efficacité : l'imagerie mentale, la construction de phrase et la répétition (Bower & Winzenz, 1970). Il observe également un effet du type de consigne sur l'utilisation de l'imagerie mentale et sur son efficacité. En général, la stratégie d'imagerie mentale est efficace, mais lorsque la consigne propose d'utiliser cette stratégie, les participants l'utilisent davantage et par conséquent effectuent un apprentissage plus efficace que lorsqu'ils doivent la mettre en place spontanément. Il interprète cette amélioration de l'efficacité de la stratégie d'imagerie comme étant le résultat de la consigne donnée explicitement aux participants et favorisant ainsi ces derniers à faire interagir les deux mots de chaque paire au sein d'une même image mentale, méthode connue pour améliorer l'apprentissage (Bower, 1970 ; Marshark & Hunt, 1989). Au contraire, lorsque les participants créent spontanément la stratégie d'image mentale (sans consigne d'imagerie), il est possible que celle-ci soit moins structurée, comme par exemple se représenter une image pour chacun des mots d'une paire. Les mots indice et cible ayant été représentés au sein de deux images mentales indépendantes, donc sans lien spécifique, la réactivation de l'image formée à partir du mot indice lors de la phase de rappel ne permet pas de récupérer le mot cible représenté au sein d'une image différente du mot indice. Le mot indice perd en quelque sorte sa qualité d'indice. Le dernier résultat dont nous tiendrons compte dans cette étude concerne la stratégie de répétition, surtout utilisée pour l'étude des mots estimés abstraits et faiblement associés. La stratégie de répétition semble être surtout utilisée pour l'étude des paires de mots dont la représentation mentale et la formulation d'une phrase n'apparaissent pas de manière évidente pour les participants. Son efficacité est inférieure à celles des stratégies d'imagerie et de construction de phrase. La répétition est considérée comme une stratégie « non élaborée » (Yuille, 1973) car elle ne permet pas de créer d'association ou une certaine unité entre les deux mots au sein de chacune des paires,

contrairement à l'imagerie mentale et à la formulation de phrase considérées comme stratégies « élaborées » (Rohwer, 1973). Cette conception selon laquelle certaines stratégies d'apprentissage seraient associées à des niveaux d'efficacité différents, est développée par Craik et Lockhart (1972) à travers la théorie des niveaux de traitements.

1.3. Théorie des niveaux du traitement (Craik & Lockhart, 1972)

Selon cette théorie, une information peut être encodée selon différents traitements hiérarchisés sur un continuum allant des traitements superficiels de type structural et phonologique à des traitements profonds de nature sémantique. Par exemple, un encodage de type superficiel consiste à demander aux participants de préciser les caractéristiques de la structure typographique des mots à étudier (ex. le mot est-il écrit en majuscules ?), un encodage moins superficiel consiste à relever les caractéristiques phonologiques des mots à étudier (ex. préciser si deux mots riment) et un encodage profond consiste à élaborer un traitement sémantique sur le mot à étudier (ex. dire si un mot appartient à telle catégorie sémantique). Plus l'information est traitée de manière profonde plus la trace mnésique est forte et durable et ceci, indépendamment du temps passé à étudier les items. En d'autres termes, un traitement profond de nature sémantique même effectué lors d'un intervalle de temps restreint est plus efficace qu'un traitement superficiel de nature structurale effectué lors d'un intervalle de temps plus long (Craik & Tulving, 1975).

Une des difficultés de cette théorie tient au fait qu'elle n'explique pas pourquoi le traitement sémantique permet de meilleures performances que les traitements superficiels. L'une des réponses proposées par Craik et Lockhart (1986) repose sur la prise en compte de deux facteurs : la discrimination (ou distinction) et l'élaboration.

La discrimination (distinction)

La discrimination signifie que la trace liée à l'apprentissage d'un stimulus particulier est différente de l'ensemble des autres traces mnésiques (Craik, 1979). Pour se souvenir d'une information il est préférable de la rendre dissemblable des autres informations susceptibles d'interférer avec celle à mémoriser. Il existe plusieurs façons de rendre un item discriminatoire, Schmidt (1991) distingue quatre types de discrimination : primaire, secondaire, orthographique et émotionnelle.

Un type de discrimination est appelé *discrimination primaire*, elle se définit par rapport au contexte immédiat d'apprentissage. Par exemple, lorsqu'il s'agit d'apprendre une liste de mots communs, où tous sont écrits en rouge sauf un qui est écrit en noir. Il sera plus probable lors du test de mémoire ultérieur de rappeler le mot écrit en noir que les mots écrits en rouge. Il est important de noter que le mot écrit en noir n'est discriminatoire que parce que sa couleur diffère de la couleur des autres mots de la liste. Habituellement, un mot écrit en noir n'est pas spécialement discriminatoire. La discrimination est particulièrement appropriée pour renforcer la mémoire dès lors qu'on met l'accent sur les différences entre plusieurs items très ressemblants (Phillips, 1995).

Par opposition à la discrimination primaire, la *discrimination secondaire* est définie en fonction de l'information contenue dans la mémoire à long terme plutôt qu'en fonction de l'information issue du contexte immédiat. Par exemple, une caractéristique de la composition du mot appelée *discrimination orthographique*. Un mot est distinct d'un autre sur le plan orthographique lorsqu'il présente des séquences de lettres inhabituelles dans une langue. Parmi les mots orthographiquement discriminatoires, nous pouvons mentionner « lymphé », « khôl » et « afghan ». Parmi les mots orthographiquement communs, nous pouvons citer « mince », « chenil » et « aéroport ». Les trois premiers mots présentent une composition inhabituelle et sont mieux retenus que les autres qui revêtent une forme plus classique (Hunt & Elliott, 1980). On dit que ce type de discrimination se définit en fonction de l'information contenue en mémoire à long terme, car une composition orthographique est considérée comme inhabituelle (distinctive) en fonction de tous les autres mots d'une langue et non uniquement en fonction des mots proposés dans le contexte immédiat de l'expérience (discrimination primaire).

Un troisième type de discrimination est appelé *discrimination émotionnelle* et provient de la découverte que les événements qui provoquent des réponses émotionnelles considérables sont parfois bien mémorisés. Ces événements comprennent des flashes de mémoire comme le vif souvenir qu'ont la plupart des gens des circonstances dans lesquelles ils ont appris une effroyable nouvelle (Brown & Kulik, 1977). Ainsi, pour la plupart des gens l'évocation du 11 septembre fait penser aux attentats qui ont eu lieu à New York en 2001. De nombreuses personnes se souviennent avec précision et émotion de ce qu'elles faisaient au moment où elles ont pris connaissance de ces événements. Même si par exemple regarder la télévision est une activité très banale, le degré d'émotion en entendant cette nouvelle inattendue a donné lieu à un souvenir vivace et entraîne la reviviscence de cet événement.

Le quatrième type de discrimination est appelé *traitement discriminatoire*. Le traitement discriminatoire dépend de la façon dont est traité un stimulus, selon qu'il résulte plutôt des traitements mis en place sur un item que des caractéristiques de l'item lui-même. Par exemple, si un item n'est pas très discriminatoire, il est possible d'effectuer un traitement afin de lui apporter une dimension discriminante. Si un item est déjà discriminatoire, il est possible d'effectuer un traitement afin d'accentuer sa dimension discriminante. L'élaboration est une des stratégies possibles pour rendre un item davantage discriminatoire, mais une telle élaboration doit souligner les caractéristiques qui différencient cet item des autres (Eysenck, 1979).

L'élaboration

Le deuxième facteur qui intervient dans la profondeur de traitement est celui de l'élaboration. Selon Anderson et Reder (1979), il est plus facile d'élaborer du matériel au niveau sémantique qu'au niveau phonémique car la plupart des associations dont nous disposons portent sur le sens plutôt que sur la structure physique des lettres, l'orthographe ou la prononciation. Les informations sémantiques seraient donc mieux retenues parce qu'elles favorisent la mise en jeu des processus d'élaboration. L'hypothèse de l'élaboration offre l'avantage d'expliquer la façon dont les différences apparaissent au sein d'un même niveau de traitement. La proposition initiale de la profondeur de traitement prévoit que le traitement sémantique est supérieur au traitement non sémantique, en revanche elle ne rend pas compte des différences de rétention pour deux tâches sémantiques différentes. L'hypothèse de l'élaboration présume que de telles différences peuvent se produire si les deux tâches diffèrent selon l'importance de l'élaboration sémantique. Par exemple, Craik et Tulving (1975) ont montré qu'un contexte plus riche permet d'augmenter l'élaboration sémantique. L'expérience porte sur le rappel de mots à la suite d'une tâche de jugement dans laquelle les participants doivent déterminer si un mot est adapté à la phrase proposée. Trois niveaux de phrases sont utilisés (simple, moyenne et complexe). Les résultats montrent que la complexité des phrases améliore la restitution des mots. L'interprétation est qu'une structure de phrase plus complexe permet un encodage plus élaboré et améliore la restitution. L'élaboration a été manipulée à l'aide de différents paradigmes tels que celui de l'autoréférence (Rogers, Kuiper, & Kirker, 1977) ou encore celui de production (Slamecka & Graf, 1978).

Le paradigme de l'*autoréférence* consiste à comparer les performances obtenues dans une condition de traitement sémantique avec celles obtenues dans une condition demandant au participant de juger si l'item présent le concerne ou non (autoréférence). Les informations relatives à soi seraient traitées plus profondément que des informations sémantiques sur le monde en général, car elles auraient plus de sens pour l'individu par le biais d'une activation émotionnelle. Cette comparaison conduit généralement à une supériorité de l'autoréférence sur les traitements sémantiques plus conventionnels (Klein & Kihlstrom, 1986 ; Rogers, Kuiper, & Kirker, 1977).

Les paradigmes de *production* permettent de mesurer l'effet production sur les performances en mémoire, décrit pour la première fois par Slamecka et Graf (1978) et Jacoby (1978). L'effet production apparaît généralement lorsque les stimuli produits à l'apprentissage à partir d'un mot inducteur et d'un fragment du mot cible (canapé-fau...) sont mieux rappelés ou reconnus que les stimuli simplement lus (canapé-fauteuil). Plusieurs procédures peuvent être utilisées pour faire produire les informations aux sujets. La plus classique consiste à proposer un mot inducteur et un fragment du mot cible puis à demander au sujet de produire ce mot. Les sujets peuvent également soit compléter une phrase où il manque un mot (Craik & Tulving, 1975), soit ordonner les mots d'une phrase pour que celle-ci soit cohérente (Graf, 1980, 1981, 1982), soit ordonner les lettres pour qu'elles forment un mot (voir pour revue, Charles, 1988). Dans tous les cas, ces conditions sont comparées à celles où les sujets lisent les informations. Cet effet positif de production sur les performances de mémoire reposerait : sur les traitements sémantiques effectués sur l'item produit (McElroy, 1987), sur l'effort cognitif engendré par la production d'un item cible (Jacoby, 1978) ou encore sur l'augmentation de l'activation du réseau lexical auquel appartient l'item et permettant ainsi un meilleur accès au lexique au moment du rappel (McElroy & Slamecka, 1982). Dans tous les cas, l'interprétation proposée est en termes de mise en jeu des processus d'élaboration, définis par Mandler (1980) comme la capacité de mettre en relation les nouvelles informations avec celles déjà stockées en mémoire.

On comprend donc mieux l'influence des niveaux du traitement sur la qualité de la mémorisation grâce à la prise en compte de l'élaboration et de la discrimination. Une notion supplémentaire a accompagné cette évolution, il s'agit des conditions de récupération. Tulving (1966) propose que le succès de la mémorisation repose à la fois sur la qualité de la trace mnésique reflétant les opérations d'encodage et sur la nature du contexte de récupération. Ainsi, selon lui, il n'est pas possible de comprendre le fonctionnement de la mémoire en considérant les opérations d'encodage et de récupération indépendamment. La mémorisation

d'informations implique une étroite relation entre les processus d'encodage et de récupération. Le principe d'encodage spécifique développé par Tulving et Thompson (1973), illustre bien cette notion d'interaction entre encodage et récupération.

Principe d'encodage spécifique

Tulving et Thompson (1973) définissent le *principe d'encodage spécifique* tel que : « les opérations d'encodage spécifique effectuées sur ce qui est perçu déterminent ce qui est stocké, et ce qui est stocké détermine quels indices de récupération sont efficaces pour accéder à ce qui est stocké ». En d'autres termes, ce principe postule que l'efficacité d'un indice de récupération dépend de l'importance de sa relation avec l'encodage initial de l'item. Thompson et Tulving (1970) ont montré que même des indices généralement inefficaces pour la récupération peuvent devenir efficaces lorsqu'ils sont présentés avec les mots cibles durant la phase d'apprentissage. Lorsqu'un indice est faiblement associé à un mot cible, il devient un indice de récupération plus efficace qu'un indice fortement associé. Par exemple, Fisher et Craik (1977) ont montré qu'un indice phonétique associé au mot cible lors de la phase d'apprentissage est plus efficace s'il est de nouveau présenté lors du rappel que la présentation d'indice sémantique, qui n'avait pas été associé au mot cible lors de l'apprentissage (et vice versa). Si le mot cible « grêle » a fait l'objet d'un encodage phonétique « prêle », le meilleur rappel est obtenu avec le même contexte « prêle », puis avec un contexte similaire « frêle », puis un contexte sémantique « verglas ». Un mot sémantiquement lié « verglas » qui est fortement associé à la cible, est donc moins efficace qu'un mot qui rime « frêle » et différent de l'indice lorsque l'encodage est phonétique. Ainsi, lorsque l'encodage met en évidence des caractéristiques sémantiques, l'indice sémantique est le plus efficace. Au contraire, lorsque l'encodage souligne des caractéristiques phonétiques, l'indice phonétique est le plus efficace. Le meilleur indice de récupération est celui qui est la réplique exacte ou le plus proche du contexte d'acquisition.

Une autre étude, menée par Nilsson, Law et Tulving (1988), illustre également très bien l'importance de la concordance entre les opérations d'encodage et de récupération pour optimiser la mémorisation. Dans cette étude, les participants devaient apprendre des listes de noms de personnes célèbres (e.g. Charles Darwin, Georges Washington) et de villes très connues (e.g. Paris, Vienne). Au moment de l'apprentissage, chaque nom était fourni au sein d'une phrase qui permettait de définir chaque personne célèbre et chaque ville (e.g. un édifice

consacré à la musique est très renommé dans la ville de VIENNE). Les participants étaient ensuite soumis d'une part, à un test de reconnaissance où les noms cibles apparaissaient parmi des distracteurs mais sans la phrase contexte fournie à l'apprentissage, et d'autre part à un test de rappel où la phrase du contexte d'apprentissage leur était fournie et à partir de laquelle ils devaient rappeler le nom qui lui était associé. Bien que ces noms appartiennent aux connaissances générales (e.g. mémoire sémantique) et que le test de reconnaissance représente une aide à la récupération en fournissant de nouveau les items cibles, les participants reconnaissaient moins de noms lorsque la phrase contexte n'était pas fournie, mais étaient capables de rappeler la plupart des noms en présence de la phrase contexte. Ces résultats soulignent combien le succès de la récupération d'une information dépend de la similarité entre les opérations d'encodage et de récupération.

Cette notion d'encodage spécifique semble largement acceptée et formulée par de nombreux auteurs. Par exemple, Kolers (1973, 1979) suggéraient qu'une information est d'autant mieux reconnue que les processus de récupération répliquent ceux mis en place lors de la phase d'encodage. Dans la même veine, le *traitement approprié au transfert* suggère que les individus mettent généralement en place des traitements spécifiques lors de l'encodage qui doivent correspondre à la façon dont ils les utiliseront lors de la phase de récupération (Blaxton, 1989 ; Morris, Bransford, & Franks, 1977 ; Roediger, Weldon, & Challis, 1989). Selon deWinstanley, Bjork, et Bjork (1996) et deWinstanley et Bjork (1997), lorsque les traitements mis en place lors de l'encodage et de la récupération sont compatibles (i.e., de même nature), le rappel des informations requièrent moins de ressources cognitives que lorsqu'ils sont incompatibles permettant ainsi de récupérer plus facilement l'information. Même si la similarité des traitements mis en place lors de l'encodage et de la récupération améliore considérablement l'accès à la trace mnésique, il n'en reste pas moins que la profondeur du traitement élaboré à l'encodage demeure un facteur déterminant de la qualité de la mémorisation (Morris et al. 1977). En effet, selon Moscovitch et Craik (1976), les traitements élaborés lors de l'encodage déterminent en grande partie la probabilité de récupération d'une information, mais cette probabilité d'accéder à la trace mnésique est d'autant plus élevée que les traitements mis en place lors de l'encodage et de la récupération sont compatibles.

Conclusion

L'encodage et/ou la récupération d'informations dépendent de trois dimensions : le niveau de traitement, l'élaboration et la contextualisation de l'information (i.e., principe d'encodage spécifique ; le traitement approprié au transfert ou encore la compatibilité des traitements). Ces trois processus concourent individuellement à l'amélioration des performances mais entretiennent également des relations complexes. Leur interaction étant généralement d'autant plus efficace que lorsqu'un seul de ces processus est mis en œuvre. Slamecka et Graf (1978) ont observé un effet d'interaction sur les performances mnésiques entre le niveau de traitement et l'élaboration : l'élaboration est d'autant plus efficace que le traitement est profond. Fisher et Craik (1977) ont observé un effet d'interaction entre le niveau de traitement et l'encodage spécifique : un indice de récupération identique à celui proposé lors de l'encodage est plus efficace lorsqu'un traitement profond a été réalisé à l'encodage. Mäntylä et Nilsson (1983) ont observé un effet d'interaction entre l'élaboration et l'encodage spécifique : un indice de récupération identique à celui présenté lors de l'encodage est plus efficace lorsque l'information a été élaborée (par exemple par production de l'indice). Enfin, une triple interaction entre niveau de traitement, élaboration et encodage spécifique a été observée (Mäntylä & Nilsson, 1983 ; Stein & Bransford, 1979) : les performances mnésiques sont largement majorées dans le cas d'un traitement sémantique, d'une élaboration et d'un rappel indicé.

Cette théorie identifie donc des processus sous-tendant la mémorisation et décrit des interactions entre ces processus qui dans tous les cas ont pour effet de majorer les performances. L'interaction entre niveau de traitement et élaboration a été expliquée par le fait que la richesse de l'encodage (l'élaboration) passe par des processus associatifs : l'encodage de l'item cible mais également de l'ensemble des informations qui lui sont associé ou que nous lui associons. Les interactions entre niveau de traitement et encodage spécifique d'une part et élaboration et encodage spécifique d'autre part, soulignent le fait que l'efficacité d'un indice de récupération est extrêmement liée aux conditions d'encodage. Un traitement profond ou une élaboration favorise la mémorisation du lien cible-contexte et rend donc l'indice contextuel particulièrement efficace comme aide de récupération. Enfin, naturellement la triple interaction entre niveau de traitement, élaboration et encodage spécifique combine l'ensemble de ces mécanismes.

Partie 2 : Mémoire et vieillissement

De nombreuses études à la fois basées sur des mesures neuropsychologiques et expérimentales ont rendu compte du déclin mnésique lié à l'âge. Néanmoins, le vieillissement mnésique se caractérise par une forte hétérogénéité puisque tous les systèmes de mémoire ne sont pas affectés de la même manière (Taconnat & Isingrini, 1997 ; Valdois & Joanette, 1991 ; Van der Linden & Hupet, 1994). Tout d'abord, la mémoire implicite qui ne sollicite pas une récupération consciente et contrôlée de l'information semble en partie épargnée par les effets de l'âge (voir la méta-analyse de La Voie & Light, 1994). De la même manière, l'organisation et le contenu de la mémoire sémantique demeurent relativement stables au cours du vieillissement (Botwinick, 1984 ; Burke & Peters, 1986 ; Light, 1992 ; Lovelace & Cooley, 1982 ; Salthouse, 1988). Néanmoins, il existe des différences liées à l'âge dans l'exploitation des connaissances sémantiques, telle que l'accès au lexique, illustré par le phénomène du « mot sur le bout de la langue » (Heine, Ober, & Shenaut, 1999), et la faible performance dans les tâches de fluidité verbale (Thuillard & Assal, 1991). Concernant la mémoire à court terme, les études montrent des capacités équivalentes entre adultes jeunes et âgés sur la plupart des tâches d'empan (Craik, 1977 ; Zacks, Hasher, & Li, 2000). En revanche, la capacité à manipuler des informations en mémoire à court terme sous-tendue par la mémoire de travail présente davantage les effets du vieillissement (Bherer, Belleville, & Peretz, 2001 ; Collette & Van der Linden, 2002). Enfin, un déclin des performances en mémoire épisodique lié à l'âge est clairement attesté dans la littérature (voir pour revues Balota, Dolan, & Duchek, 2000). Compte tenu de la thématique de ce travail, les effets du vieillissement sur la mémoire épisodique sont présentés plus précisément dans la partie suivante.

1. Modifications de la mémoire épisodique

La mémoire épisodique est un des systèmes de mémoire les plus vulnérables aux effets de l'âge. Le déclin de la mémoire épisodique a été décrit dans de nombreux travaux expérimentaux et semble être une des caractéristiques fondamentales du vieillissement cognitif. Les difficultés de mémoire épisodique sont celles qui sont les plus mises en avant par les personnes âgées elles-mêmes. Ces déficits épisodiques ont été observés de façon expérimentale dans une grande variété de tâches et avec différents types de matériel (voir

pour revues Balota, et al. 2000; Craik & Jennings, 1992; Light, 1991; McDaniel, Einstein, & Jacoby, 2008). Plusieurs études ont montré que les différences liées à l'âge sont plus importantes dans des tâches de rappel libre qui requièrent la mise en œuvre spontanée des opérations de récupération appropriées que dans des tâches de rappel indicé ou de reconnaissance qui guident le processus de récupération (Ceci & Tabor, 1981; Craik, Byrd, & Swanson, 1987; Craik & McDowd, 1987; Isingrini, Hauer, & Fontaine, 1996; Rabinowitz, 1984; Schonfield & Robertson, 1966). Globalement, l'âge semble affecter principalement deux types de processus intervenant dans le fonctionnement de la mémoire épisodique : les processus associatifs et les processus stratégiques (voir pour revue : Shing, Werkle-Bergner, Brehmer, Müller, Li, & Lindenberger, 2009). Les processus stratégiques correspondent aux opérations cognitives mises en œuvre lors de l'encodage et de la récupération. Les processus associatifs correspondent aux mécanismes permettant d'associer au sein d'une même représentation mnésique différentes caractéristiques d'une information, ils peuvent intervenir à la fois à l'encodage et à la récupération.

1.1. Déficit des processus associatifs

Comme nous l'avons précédemment expliqué, le fonctionnement de la mémoire épisodique se caractérise par des processus cognitifs permettant d'une part aux individus de se souvenir d'un événement précis, et d'autre part de resituer cet événement dans son contexte d'acquisition. Le système associatif permet, lors de l'encodage et de la récupération, d'assembler au sein d'une même représentation mnésique un événement et les différentes caractéristiques qui lui sont liées, telles que des caractéristiques temporelles, spatiales, perceptives ou encore conceptuelles (Hockley, 1991, 1992 ; Hockley & Cristi, 1996 ; Zimmer, Mecklinger, & Lindenberger, 2006). Dans ce cadre, des études ont montré qu'il était nécessaire de distinguer le souvenir d'un simple événement, du souvenir d'un événement associé à ses traits caractéristiques (Chalfonte & Johnson, 1996 ; Hockley, 1991, 1992 ; Hockley & Cristi, 1996 ; Humphreys, 1976 ; Johnson & Chalfonte, 1994). C'est dans ce dernier cas que les personnes âgées ont le plus de difficultés. Il est en effet admis que les adultes âgés ont plus de difficultés à rappeler le contexte d'acquisition d'une information ou les caractéristiques qui lui sont associées que l'information cible seulement (voir pour revues Spencer & Raz, 1994 ; Zacks, et al., 2000). Chalfonte et Johnson (1996) suggèrent que les personnes âgées présenteraient un déficit de *binding* ou un déficit d'association. En d'autres termes, le déclin mnésique lié à l'âge serait en partie dû aux faibles capacités des adultes âgés

à former et encoder les traits caractéristiques d'une information au sein d'une même représentation mnésique. Dans ce contexte, Naveh-Benjamin (2000) a formulé *l'hypothèse d'un déficit associatif* (ADH : *Associative Deficit Hypothesis*), la diminution des performances liées à l'âge étant plus marquée lors de tâches nécessitant la récupération d'items associés entre eux que lors de tâches nécessitant la récupération d'un item seul (Castel & Craik, 2003 ; Chalfonte & Johnson, 1996 ; Mitchell, Johnson, Raye, Mather, & D'Esposito, 2000). Ce déficit d'association lié à l'âge semble être un phénomène généralisé puisqu'il touche tous types de matériel, comme l'association entre deux items (mot-mot ou non mot-mot ; Naveh-Benjamin, Hussain, Guez, & Bar-On, 2003), l'association entre deux images (Naveh-Benjamin, Guez, Kilb, & Reedy, 2004), l'association entre un item et la couleur de l'écran sur lequel il est présenté (Naveh-Benjamin, 2000).

Un autre argument en faveur d'une difficulté des adultes âgés à récupérer les différents éléments qui composent le contexte d'apprentissage, c'est-à-dire à récupérer les caractéristiques d'une information qui lui étaient associées lors de l'apprentissage, repose sur une étude de Duchek (1984). Dans cette étude, il a examiné l'effet de l'âge sur les performances en mémoire dans le cadre du *principe d'encodage spécifique* (Tulving & Thompson, 1973). Comme nous l'avons précisé précédemment, selon le principe d'encodage spécifique, le succès d'accéder à la trace mnésique dépend de la compatibilité des traitements mis en place à l'encodage et à la récupération. Une information cible est plus facilement rappelée si les caractéristiques qui accompagnaient cette information au moment de l'apprentissage sont de nouveau présentées lors de la phase de récupération. En d'autres termes, l'efficacité d'un indice de récupération dépend de l'importance de sa relation avec l'encodage initial de l'item. Duchek (1984) a examiné ce principe dans le cadre du vieillissement en faisant varier les niveaux du traitement à l'apprentissage et à la récupération (phonétique vs. sémantique). Les résultats de cette étude montraient que les sujets âgés bénéficiaient moins que les sujets jeunes de la concordance des traitements d'encodage et de récupération. Duchek interprète ses résultats en termes d'altération des processus discriminatoires. Les personnes âgées auraient davantage de difficulté à distinguer un item associé à un type de traitement d'un autre item associé à un autre type de traitement (voir aussi, Craik & Byrd, 1982).

Cette difficulté des personnes âgées à associer différents éléments au sein d'une même unité est également confirmée par les études ayant utilisé la *Procédure de Dissociation des Processus* (PDP : *Process Dissociation Procedure*, Jacoby, 1991). La PDP permet de mesurer les processus automatiques de familiarité et les processus contrôlés de recherche en

mémoire à partir d'une tâche de reconnaissance. Cette procédure nécessite deux conditions expérimentales, l'une pour laquelle les processus automatiques et contrôlés facilitent la réponse, appelée condition d'inclusion, et l'autre où les processus automatiques et contrôlés agissent en opposition, appelée condition d'exclusion. Concrètement, les participants doivent encoder deux listes d'items et réaliser un test de reconnaissance suivant la condition d'inclusion et celle d'exclusion. Dans la situation d'inclusion, les participants doivent reconnaître positivement les items des deux listes. A l'inverse, dans la condition d'exclusion, les participants doivent effectuer une reconnaissance positive seulement pour les items de la seconde liste. Les items de la première liste doivent donc être considérés comme distracteurs dans cette condition. Ceci permet de mettre en opposition la recherche contrôlée en mémoire et la familiarité pour les items de la première liste : la recherche en mémoire incite à ne pas reconnaître ces items, alors que la familiarité incite à les reconnaître. A partir des scores obtenus dans la situation d'inclusion et dans la situation d'exclusion, il est possible de calculer la part liée aux processus contrôlés de recherche en mémoire et celle liée aux processus automatiques de familiarité. Différentes études sur le vieillissement ont montré que le processus de récupération contrôlée, basé sur une remémoration consciente de l'information contextuelle d'apprentissage, est davantage altéré que le processus de récupération automatique, basé sur un sentiment de familiarité de l'information cible (Healy, Light, & Chung, 2005 ; Jacoby, Debnier, & Hay, 2001 ; Jennings & Jacoby, 1993 ; 1997 ; Yonelinas, 2002 ; Zelazo, Craik, & Booth, 2004). Ainsi, cette altération des processus de récupération contrôlée pourrait refléter le déficit d'association des sujets âgés (e.g., *binding deficit*, Chalfonte & Johnson, 1996 ou *associative deficit*, Naveh-Benjamin, 2000), en ce sens que lors de l'encodage et/ou de la récupération, ils présentent des difficultés à assembler spontanément au sein d'une même représentation mnésique les différents éléments constituant un événement (Cowan, Naveh-Benjamin, Kilb, & Saults, 2006)

De la même manière, les travaux utilisant le paradigme *Remember/Know* (*R/K* : Gardiner, 1988 ; Gardiner & Richardson-Klavehn, 2000) confirment l'existence d'une difficulté d'accès au contexte d'apprentissage chez les personnes âgées (Bugaiska, Clarys, Jarry, Taconnat, Tapia, Vanneste, & Isingrini, 2007 ; Clarys, Bugaiska, Tapia, & Baudouin, 2009 ; Clarys, Isingrini, & Gana, 2002 ; Piolino, Desgranges, Clarys, Guillery-Girard, Taconnat, Isingrini, Eustache, & 2006). Dans le paradigme *R/K*, il est demandé aux participants de décrire leur expérience subjective lors d'une épreuve de reconnaissance. Ainsi, le participant doit classer les items reconnus en réponse *Remember* (*R* : se souvenir) lorsque la reconnaissance est accompagnée du souvenir conscient du contexte d'apprentissage, et en

réponse *Know* (*K* : savoir) lorsque la reconnaissance est effectuée en dehors de tout accès conscient du contexte d'apprentissage. Les jugements de type *R* impliqueraient des processus contrôlés de recherche en mémoire et reflèteraient un état de conscience auto-noétique, le souvenir de l'information cible serait associé aux différentes caractéristiques (spatiales, temporelles, perceptives, etc.) de son contexte d'acquisition. Au contraire, les jugements de type *K* correspondraient à un accès direct à la trace mnésique par simple jugement de familiarité et reflèteraient un état de conscience noétique, c'est-à-dire la récupération d'une information cible en dehors de tout souvenir des caractéristiques associées au contexte d'acquisition. Les différents travaux effectués à l'aide de ce paradigme montrent qu'avec l'âge, la proportion de réponses *R* décline alors que la proportion de réponses *K* se stabilise ou augmente légèrement.

Plusieurs recherches ont également montré que le vieillissement s'accompagnait d'une augmentation des illusions de mémoire, notamment sous la forme de fausses reconnaissances (voir pour revue Taconnat & Remy, 2006). Ce phénomène est interprété comme la conséquence de la dégradation de l'efficacité du souvenir des informations relatives au contexte d'apprentissage (Schacter, 1997). En outre, les personnes âgées auraient des difficultés dans la récupération du contexte spécifique d'acquisition de l'information, comme le souvenir de la source (support par lequel une information a été apprise), c'est-à-dire se souvenir si une action a été réalisée ou imaginée, si un mot a été produit ou lu, ou encore se souvenir des informations temporelles qui ont accompagné l'apprentissage (voir la méta-analyse de Spencer & Raz, 1995). Enfin, la diminution des capacités des personnes âgées à rappeler des souvenirs autobiographiques pourrait également être liée à la difficulté à récupérer les détails associés à ces événements (Piolino, Desgranges, Benali, & Eustache, 2002). Une des explications à ce déficit d'association reposerait en partie sur un déficit des processus stratégiques mis en place lors de l'encodage et/ou de la récupération.

1.2. Déficit des processus stratégiques

Dans le langage courant, l'utilisation d'une stratégie implique la résolution d'une situation et l'atteinte d'un objectif. Utiliser une stratégie suppose la connaissance de la situation actuelle, du but à atteindre, des moyens à disposition, ainsi que la planification des opérations destinées à atteindre ce but. Le terme de stratégie en psychologie cognitive correspond au choix volontaire et conscient d'une méthode que le sujet adopte pour arriver à un but (Rogers, Hertzog & Fisk, 2000). Le choix des stratégies a été étudié dans diverses

compétences cognitives complexes comme l'apprentissage associatif (e.g., Rogers et al., 2000; Tournon & Hertzog, 2004), les compétences arithmétiques (e.g., Duverne & Lemaire, 2004 ; Lemaire, Arnaud & Lecacheur, 2004; Tournon, Hoyer & Cerella, 2004), La prise de décision (e.g., Wood, Bussemeyer, Koling, Cox & Davis, 2005), l'adaptation sociale (e.g., Mehlsen, Kirkegaard, Viidik, Olesen & Zachariae, 2005), la recherche d'informations dans des textes complexes (e.g., Rouet, 2003), la mémoire (e.g., Bryan, Luszcz & Pointer, 1999; Derwinger, Neely & Bäckmån, 2005). Dans le domaine de la mémoire, les stratégies correspondent à des opérations contrôlées (en opposition aux processus automatiques, Shiffrin & Schneider, 1977) mises en place lors de l'apprentissage et/ou de la récupération d'une information afin d'améliorer l'efficacité de la mémorisation. Les stratégies mnésiques dépendent ainsi principalement de la nature de l'information à apprendre et des compétences des individus.

Chez les personnes âgées, le déclin de la mémoire épisodique s'expliquerait par un déficit de production des processus stratégiques (Craik, 1983, 1986, 1990 ; Craik & Byrd, 1982 ; Kausler, 1994 ; Perlmutter & Mitchell, 1982 ; Verhaeghen & Marcoen, 1994). Au contraire, s'il s'agissait d'un déficit de traitement (Eysenck, 1974), le vieillissement s'accompagnerait de changements fondamentaux susceptibles de provoquer une détérioration irréversible des capacités de traitement. Les adultes âgés ne pourraient donc jamais tirer profit d'une consigne proposant des stratégies à l'apprentissage pour améliorer leur mémorisation puisqu'ils ne seraient plus en mesure d'effectuer les traitements adéquats. Or, de nombreuses études ayant manipulé les stratégies à l'apprentissage ont révélé des résultats contradictoires (voir pour revue Craik & Jennings, 1992). Selon Craik (1983, 186, 1990) et dans le cadre du *modèle du support environnemental*, il existerait des différences fondamentales entre les tâches de mémoire utilisées pour mesurer la capacité des personnes âgées à bénéficier de stratégies mises en place à l'apprentissage. On distingue les tâches de mémoire qui fournissent un support environnemental suffisant aux personnes âgées car, non seulement elles orientent l'apprentissage vers l'utilisation d'un traitement profond mais elles les incitent également à élaborer ce type de traitement sur l'information à mémoriser, on dit alors que les *traitements sont dirigés par la tâche*. En d'autres termes, les tâches dirigeant efficacement l'apprentissage vers l'utilisation d'un traitement profond sont celles permettant de s'assurer que les participants ont bien élaboré ce traitement, comme par exemple produire des adjectifs décrivant les noms à apprendre (Java & Gardiner, 1991) ; produire un associé sémantique du mot cible (Froger, Taconnat, Landré, Beigneux, & Isingrini, 2009 ; Sauzéon, N'Kaoua, & Claverie, 1999 ; Taconnat, Froger, Sacher, & Isingrini, 2008 ; Taconnat & Isingrini, 2004) ;

souligner les associés sémantiques d'un mot cible (Taconnat & Isingrini, 1995) ; juger si les mots présentés sont abstraits ou concrets (Logan, Sanders, Snyder, Morris, & Buckner, 2002) ; se représenter une image mentale des mots cibles (Dunlosky, Hertzog, Powell-Moman, 2005) ; construire une phrase contenant le mot cible (Dunlosky et al., 2005 ; Naveh-Benjamin et al., 2007). En utilisant ce type de tâche, l'interaction entre l'âge et le traitement élaboré à l'encodage n'est pas significative, indiquant que les adultes jeunes et âgés bénéficient autant du traitement profond proposé par la tâche. Ce type de tâche fournit donc un support environnemental suffisant aux personnes âgées pour compenser en partie leur déficit en mémoire épisodique.

Au contraire, d'autres tâches sont moins susceptibles de fournir un support environnemental adéquat aux personnes âgées car même si elles proposent d'utiliser des stratégies d'encodage, elles n'incitent pas forcément les participants à élaborer un traitement profond sur l'information à mémoriser. Si les participants élaborent des traitements profonds, ils doivent les initier spontanément. On dit que ces tâches impliquent la mise en place de *traitements auto-initiés*. Or, initier l'élaboration d'un traitement profond est très coûteux en ressources attentionnelles (Duchek, 1984 ; Eysenck & Eysenck, 1979 ; Rabinowitz, Craik, & Ackerman, 1982) dont sont déficitaires les personnes âgées (Craik & Byrd, 1982 ; Light, 1991 ; Hasher & Zacks, 1988). Par conséquent, si les sujets âgés n'améliorent pas autant que les jeunes leur performance mnésique, ce n'est pas dû au fait qu'ils n'utilisent pas les stratégies d'encodage proposées, mais plutôt parce que ces stratégies ne leur permettent pas d'élaborer directement un traitement profond sur les informations à apprendre. Avec ce type de tâche, telle que la production d'associés phonologiques (Taconnat et Isingrini, 2004 ; Taconnat, Isingrini, & Vanneste, 2003), le jugement d'agrément (Taconnat et Isingrini, 2004), la production d'associés sémantiques faibles (Taconnat, Froger, Sacher, & Isingrini, 2008 ; Taconnat & Isingrini, 1996) ; la répétition mentale (Bryan, Luszcz, & Pointer, 1999 ; Eysenck, 1974), l'effet d'interaction entre l'âge et le type de stratégie sur les performances en mémoire est significatif. Dans l'ensemble ces travaux attribuent le déficit en mémoire épisodique des personnes âgées à un déficit de production des stratégies d'encodage et plus particulièrement à un déficit de l'élaboration spontanée de traitements profonds.

En accord avec ces résultats, Dunlosky et Hertzog (2001) ont observé des différences liées à l'âge sur le nombre de stratégies d'encodage spontanément utilisées. Ils ont demandé à des adultes jeunes et âgés d'apprendre des paires de mots non associés (e.g., *chaise-chien*). Pour chaque paire, les participants pouvaient utiliser l'une des trois stratégies suivantes : production de phrases (e.g., le chien est assis sur une chaise), répétition (e.g., chien-chaise ;

chien-chaise ; chien-chaise, etc.) et construction d'images mentales (e.g., imaginer un chien assis sur une chaise). Les participants étaient informés qu'ils pouvaient également utiliser toutes les autres stratégies qu'ils voulaient, ou ne pas utiliser de stratégie. Le pourcentage de stratégies utilisées indiquait que les participants n'utilisaient pas les stratégies disponibles dans les mêmes proportions. Ainsi, les personnes âgées avaient moins fréquemment recours que les sujets jeunes à la construction d'images mentales et aux répétitions, mais utilisaient plus fréquemment la stratégie de construction de phrases ou pas de stratégie. Cette différence dans la distribution des stratégies entre sujets jeunes et âgés ne semblait pas provenir du fait que les chercheurs aient fixé a priori le type de stratégies disponibles ou aient explicitement défini les stratégies aux participants avant l'expérience. En effet, le même profil de performances était observé lorsque les participants devaient spontanément mettre en place les stratégies (Dunlosky & Hertzog, 1998, 2000, 2001 ; mais voir Dunlosky et al., 2005 ; Naveh-Benjamin, Brav, & Levy, 2007 pour des résultats contradictoires). En résumé, les travaux sur les stratégies d'encodage ont montré que la difficulté à mettre spontanément en œuvre des traitements profonds contribue à de moins bonnes performances mnésiques chez les personnes âgées.

La récupération en mémoire épisodique est considérée comme stratégique lorsque la tâche offre peu d'indices pouvant favoriser la recherche d'informations apprises. Ainsi, le recours à des stratégies lors de la récupération correspond à la nécessité de réactualiser le contexte d'apprentissage puisqu'il n'est pas fourni par l'environnement. Plusieurs auteurs suggèrent que les processus stratégiques développés au moment de la récupération sont également sensibles aux effets du vieillissement. Selon Craik (1986), les sujets âgés ne peuvent pas mettre en œuvre spontanément les stratégies efficaces de récupération du fait d'une réduction de leurs ressources de traitement. En effet, plusieurs études suggèrent que les personnes âgées ont davantage de difficultés à dégager spontanément des indices leur permettant de récupérer plus facilement l'information en mémoire (Puglisi, Park, Smith, & Dudley, 1988 ; Sauzéon, et al., 2001). Cette conception implique que les différences liées à l'âge soient importantes dans les tâches qui requièrent la mise en place spontanée des opérations mentales appropriées, comme le rappel libre. Au contraire les effets de l'âge devraient être moindres dans les tâches qui fournissent aux sujets une information susceptible de les inciter à effectuer les opérations mentales efficaces, comme dans le rappel indicé et dans la reconnaissance. La procédure utilisée classiquement pour évaluer d'éventuels déficits de récupération, chez les sujets âgés, est donc de comparer les performances à des tâches qui font intervenir de façon différente les processus de recherche. Ainsi, il est classique

d'observer que la différence des performances en mémoire liée à l'âge diminue en fonction du degré de l'aide fournie par l'indice de récupération. L'effet de l'âge le plus important est obtenu avec un test de rappel libre, puis cet effet diminue lorsque les performances sont évaluées avec un test de rappel indicé, et lorsqu'on utilise un test de reconnaissance l'effet de l'âge est considérablement réduit voire absent (Anderson, Craik, & Naveh-Benjamin, 1998 ; Craik, Byrd, & Swanson, 1987 ; Craik & Jennings, 1992 ; Craik & McDowd, 1987 ; Isingrini, Hauer, & Fontaine, 1996 ; Rabinowitz, 1984 ; Smith, 1977).

Un autre argument en faveur d'une difficulté des personnes âgées à mettre en œuvre spontanément des stratégies de récupération repose sur une étude de Dunlosky et al. (2005). Le protocole utilisé pour cette étude reprend celui décrit précédemment pour examiner l'effet de l'âge sur l'utilisation des stratégies à l'apprentissage (Dunlosky & Hertzog, 1998, 2000, 2001). Les participants devaient apprendre une liste de paires de mots, et pour chacune des paires pouvaient construire une phrase, faire des répétitions, élaborer une image mentale, utiliser toutes autres stratégies ou aucune stratégie. Après l'apprentissage de chacune des paires, les participants précisaient quelle stratégie ils avaient utilisée pour encoder une paire de mots. À l'issue de la tâche d'apprentissage, les sujets étaient soumis à un test de rappel indicé. Lors de cette phase de récupération, les sujets devaient également essayer de rappeler la stratégie utilisée pour apprendre chacune des paires de mots. Les résultats indiquaient que les personnes âgées avaient plus de difficultés que les sujets jeunes à récupérer les stratégies utilisées lors de l'apprentissage. Par ailleurs, lorsque les sujets âgés récupéraient les stratégies, ils rappelaient moins souvent la réponse correcte, ce qui témoignerait en plus d'un déficit de la récupération des stratégies d'une mauvaise utilisation de ces stratégies. Ainsi, le déficit en mémoire épisodique lié à l'âge pourrait en partie être expliqué à la fois par une altération de la récupération des stratégies utilisées à l'apprentissage, et par une mauvaise utilisation de ces stratégies, ce que Dunlosky et al. (2005) appellent un déficit de décodage (e.g., *decoding deficiency*). Par exemple, être capable de récupérer l'image élaborée pour apprendre la paire de mots, mais utiliser des mots incorrects pour décrire cette image (e.g., pour l'image : un chien est assis sur une chaise, dire : un caniche est assis sur un fauteuil). De ce fait, et dans cet exemple, les sujets rappelleraient « fauteuil » et non pas « chaise ».

Pour conclure sur les modifications en mémoire épisodique liées à l'âge, nous citerons l'étude de Naveh-Benjamin et al. (2007) qui illustre bien le déficit d'association et les difficultés que présentent les personnes âgées à produire spontanément des stratégies lors de l'apprentissage et de la récupération. Dans cette étude, les auteurs ont manipulé la condition d'encodage et la nature du test de récupération. La condition d'encodage, comme facteur

interindividuel, variait selon trois modalités : un apprentissage intentionnel sans consigne particulière, une condition avec une consigne incitant à utiliser des phrases lors de l'apprentissage et une condition identique à la précédente mais incitant également les participants à récupérer la phrase élaborée lors de l'apprentissage afin de mieux reconnaître l'information cible. Après avoir étudié quarante paires de mots, les sujets étaient soumis à un test de reconnaissance item par item, et à un test de reconnaissance composé des paires de mots d'origine mélangées à des paires de mots réarrangées. Les deux types de test étaient contrebalancés entre les sujets. Les principaux résultats ont montré des effets d'interaction entre l'âge et le type de test, et entre l'âge et la condition d'encodage. L'interaction entre l'âge et le type de test confirmait que les sujets âgés présentaient un déficit associatif (ou *binding*), car la différence de performances liées à l'âge était plus importante lorsqu'ils devaient reconnaître les paires de mots plutôt que les mots seuls. En revanche, le déficit associatif des personnes âgées diminuait lorsque la consigne incitait à élaborer des phrases pour apprendre les paires de mots. En outre, lorsque la consigne incitait à utiliser des phrases à la fois à l'encodage et à la récupération, le déficit associatif lié à l'âge était considérablement réduit.

Conclusion

Les modifications en mémoire épisodique liées à l'âge s'expliqueraient en partie par une diminution des capacités à associer au sein d'une même représentation mnésique les différentes caractéristiques liées à l'information cible (Chalfonte & Johnson, 1996 ; Mitchell et al., 2000 ; Naveh-Benjamin, 2000), et par un déficit dans la mise en place spontanée de stratégies lors de l'apprentissage et de la récupération (Dunlosky & Hertzog, 1998, 2000, 2001 ; Dunlosky et al., 2005 ; Naveh-Benjamin et al., 2007). Différentes hypothèses ont été proposées dans la littérature pour rendre compte des modifications de la mémoire épisodique au cours du vieillissement (voir Lemaire, 1999 ; Lemaire & Bherer, 2005). L'une d'entre elles consiste à se focaliser sur le fonctionnement cérébral des sujets âgés. Dans cette perspective neuropsychologique, les effets du vieillissement sur les activités cognitives sont supposés refléter un déclin sélectif du fonctionnement de certaines régions cérébrales. La théorie la plus influente dans cette approche neuropsychologique est liée à l'hypothèse frontale du vieillissement cognitif. Selon cette hypothèse, le fonctionnement exécutivo-frontal est posé comme un facteur explicatif particulièrement pertinent des effets du vieillissement sur la mémoire épisodique.

2. Hypothèse Neuropsychologique

Moscovitch (1992, 2008) a élaboré un modèle rendant compte de la base neurobiologique de la mémoire à partir de quatre systèmes neuropsychologiques : (1) un système cortical supérieur qui sous-tend les phénomènes d'amorçage perceptifs ; (2) un système impliquant les noyaux sous corticaux qui médiatise les apprentissages sensori-moteurs et perceptifs ; (3) un système temporal hippocampique qui sous-tend la mémoire épisodique fonctionnant sur un mode associatif et automatique ; et (4) un système frontal qui sous-tend la sélection et la mise en œuvre de stratégies d'encodage et de récupération en mémoire épisodique et en mémoire procédurale portant sur l'apprentissage de règles. Le fonctionnement de la mémoire épisodique semble donc étroitement lié aux structures frontales et temporales hippocampique. Ce constat a largement été confirmé par des études de cas sur des patients amnésiques et cérébrolésés frontaux ainsi qu'au travers de modèles animaux (Eichenbaum, 2002 ; Miller & Cohen, 2001 ; Prull, Gabrieli, & Bunge, 2000 ; Simons & Spers, 2003 ; Werkle-Bergner, Müller, Li, & Lindenberger, 2006). Bien que le système temporal hippocampique soit considéré comme le siège de la mémoire épisodique, Moscovitch (2008) le définit comme un module « stupide », dans le sens où les informations y sont stockées sur un mode automatique et associées les unes aux autres sans cohérence temporelle, spatiale, ni thématique (Eichenbaum, 2002 ; Squire, 2004). C'est en revanche le système frontal qui confère à la mémoire épisodique une certaine cohérence en organisant les informations. Il agit en parallèle avec le système temporal hippocampique en contrôlant et organisant l'encodage et la récupération des informations en mémoire épisodique par la sélection, l'initiation, l'élaboration et l'exécution de stratégies (Miller & Cohen, 2001 ; Simons & Spiers, 2003). Le déclin de la mémoire épisodique s'expliquerait alors à la fois par un déficit du système associatif sous-tendu par les régions temporales hippocampique et par un déficit du système stratégique sous-tendu par les régions frontales.

2.1. Modifications cérébrales

Au cours du vieillissement, on observe une diminution du poids et du volume du cerveau selon un gradient antérieur/postérieur indiquant que les régions antérieures sont plus

touchées que les régions postérieures (voir pour revue Dennis et Cabeza, 2008). Au niveau des lobes temporaux, on observe une diminution du volume général (Scahill, Frost, Jenkins, Whitwell, Rossor, & Fox, 2003) qui se différencie selon les structures sous-corticales étudiées, de telle sorte que l'hippocampe présente un degré d'atrophie important alors que le volume du cortex entorhinal reste relativement stable (Raz, Lindenberger, Rodrigue, Kennedy, Head, Williamson, et al., 2005). L'atrophie de l'hippocampe augmente également proportionnellement avec l'avancée en âge (Scahill et al., 2003) atteignant une diminution de 1.18% par an à partir de 50 ans (Raz, Rodrigue, Head, Kennedy, & Acker, 2004). Ce sont les structures frontales qui subissent le plus précocement et le plus sévèrement les effets de l'âge par rapport aux autres structures cérébrales (Raz al., 2005). Sur le plan neurochimique, plusieurs travaux rapportent des modifications dopaminergiques liées à l'âge dans les structures frontales (Bäckman, Nyberg, Lindenberger, Li, & Farde, 2006 ; voir pour revue Dennis & Cabeza, 2008). Les études de neuroimagerie fonctionnelle mesurant le métabolisme cérébral au repos ont principalement révélé que les adultes âgés étaient caractérisés par un hypométabolisme frontal (Anderson & Craik, 2000 ; Brooks, Roberts, Kemp, Gosney, Lye, & Whithouse, 2001 ; Driscoll et al., 2003). D'autres études ont analysé le métabolisme cérébral pendant la réalisation d'activités cognitives, elles mettent en évidence des profils d'activation frontale différents entre adultes jeunes et âgés (Cabeza, 2001 ; Grady, 2000). Par exemple, une réduction de l'activité préfrontale est observée chez les adultes âgés lors de l'exécution de tâches mnésiques (Grady, McIntosh, Bookstein, Hortwitz, Rapoport, & Haxby, 1998 ; Grady, Springer, Hongwanishkul, McIntosh, & Winocur, 2006). Ces patterns d'activation frontale liés au vieillissement ont également été observés plus spécifiquement lors des phases d'encodage et de récupération.

2.2. Modifications cérébrales et mémoire épisodique

Une sous-activation de la région médio-temporale a largement été mise en évidence chez des adultes âgés lors de la phase d'encodage (Daselaar, Veltman, Rombouts, Raaijmakers, & Jonker, 2003 ; Dennis, Daselaar, & Cabeza, 2006 ; Grady, Bernstein, Beig, & Siegenthaler, 2002 ; Grady, McIntosh, Horwitz, Maisog, Ungerleider, Mentis, et al., 1995). Daselaar et al. (2003) suggèrent que le déficit mnésique des adultes âgés est directement lié à la diminution de l'activité médio-temporale. Par ailleurs, l'activité médio-temporale est significativement corrélée à celle du cortex frontal chez des jeunes adultes, contrairement aux

adultes âgés (Grady et al., 1995). Compte tenu de ces résultats, les auteurs concluent que le vieillissement est non seulement accompagné d'une sous-activation mais également d'une réduction de la connexité entre les structures frontales et médio-temporales.

Très tôt, une réduction de l'activité frontale gauche a été observée chez des adultes âgés lors de l'encodage en mémoire épisodique (Grady et al., 1995 ; Cabeza et al., 1997). Ce résultat a été largement confirmé par de nombreux travaux (voir pour revue Dennis & Cabeza, 2008). Cette différence liée à l'âge a été interprétée comme reflétant les difficultés des personnes âgées dans l'élaboration de traitements sémantiques (Grady et al., 2002 ; Stebbins, Carillo, Dorfman, Dirksen, Desmond, Turner, et al., 2002), les structures frontales étant impliquées lors de traitements sémantiques verbaux (Gabrieli, Poldrack, & Desmond, 1998 ; Poldrack, Wagner, Prull, & Desmond, 1999). Plus récemment, Logan et al. (2002) ont confirmé ces résultats mais ont également suggéré que l'activité frontale gauche liée au vieillissement pouvait être atténuée voire restaurée dans certaines conditions d'encodage. Dans cette étude, trois conditions d'encodage de mots ont été proposées à des participants jeunes et âgés : (1) une condition d'encodage intentionnel qui consistait uniquement à mémoriser les items, cette condition était qualifiée d'auto-initiée car la consigne n'orientait l'apprentissage des participants vers aucun traitement particulier ; (2) une condition d'encodage incident dit profond puisque la consigne incitait les participants à élaborer un traitement sémantique sur les items (juger la concrétude de chaque mot), sans toutefois les avertir que leur mémoire serait testée ; et (3) une condition d'encodage incident superficiel où la consigne orientait l'apprentissage des participants vers un traitement structural (indiquer si les première et dernière lettres de chaque mot suivaient l'ordre alphabétique). Les participants jeunes et âgés bénéficiaient autant du traitement sémantique élaboré à l'encodage pour augmenter leurs performances mnésiques. Par ailleurs, les participants âgés présentaient une sous-activation frontale gauche dans les conditions d'encodage superficiel et auto-initié. Au contraire, dans la condition d'encodage orientant l'apprentissage vers l'élaboration d'un traitement sémantique, aucune différence d'activation liée à l'âge n'a été observée au niveau frontal gauche. Ces résultats suggèrent donc que les adultes âgés sont d'une part capables d'augmenter autant que les jeunes leur performance mnésique, et d'autre part sont capables d'atteindre un niveau d'activation identique à celui des adultes jeunes lorsque la consigne d'apprentissage les incite à élaborer un traitement sémantique sur les mots présentés. Ces résultats ont été confirmés par Stebbins et al. (2002) et peuvent être interprétés dans le cadre de l'hypothèse du support environnemental (Craik, 1983, 1986, 1990) suggérant que les

déficits des adultes âgés dans l'élaboration de traitements à l'encodage peuvent être atténués voire éliminés grâce à une aide externe qui les guide vers des stratégies efficaces d'encodage.

Par ailleurs, un certain nombre d'études ont révélé que la région frontale droite est parfois sous-activée chez les adultes âgés lors de la récupération en mémoire épisodique (Cabeza, Daselaar, Dolcos, Prince, Budde, Nyberg, 2004 ; Anderson, Iidaka, Cabeza, Kapur, McIntosh, & Craik, 2000). Cette sous-activation frontale est plus prononcée pour des tâches de rappel et de mémoire de source (rappel du contexte associé à la cible) que pour des tâches de reconnaissance (voir pour revue Dennis & Cabeza, 2008), ceci suggère que la réduction de l'activité frontale droite serait proportionnelle à la difficulté de la tâche.

Conclusion

En conclusion, de nombreuses études ont mis en évidence d'importantes modifications neurofonctionnelles qui sous-tendraient le déficit de mémoire épisodique lié au vieillissement. Les adultes âgés présentent surtout une réduction de l'activité frontale et médio-temporale lors de l'encodage et de la récupération d'informations. Par ailleurs, ce profil d'activation cérébrale est surtout observé lors de la réalisation de tâches difficiles nécessitant l'élaboration de stratégies d'apprentissage et/ou de récupération. Ce même pattern a été observé en réponse à des tâches cognitives mesurant le fonctionnement exécutif.

2.3. Hypothèse exécutivo-frontale

L'hypothèse *exécutivo-frontale*, pour expliquer le vieillissement cognitif, se rapporte à l'idée selon laquelle l'altération des fonctions sous la dépendance des régions frontales médiatiserait l'effet du vieillissement sur un certain nombre de tâches (West, 1996). Cette conception repose sur différentes observations concernant l'existence de modifications neurophysiologiques atteignant les régions frontales lors du vieillissement normal, et concernant l'observation de difficultés chez les personnes âgées à réaliser des tâches dites frontales, c'est-à-dire des tâches dont la réalisation s'avère difficile chez des patients présentant une lésion frontale. Dans ce contexte, différents travaux ont indiqué que les patients frontaux avaient des performances déficitaires dans les situations nécessitant le recours des fonctions exécutives. Ces fonctions interviendraient lors de la réalisation d'un ensemble de tâches indépendamment du domaine cognitif concerné (mémoire, langage,

résolution de problème) (Moscovitch & Winocur, 1992). Or, ces fonctions seraient les premières atteintes lors du vieillissement normal. Ainsi, le fonctionnement exécutif associé au vieillissement pourrait être un facteur déterminant dans l'explication des différences liées à l'âge observées sur un ensemble de tâches. Dans la partie suivante, nous tenterons de montrer que le fonctionnement exécutif, principalement sous-tendu par les structures frontales, semble être un facteur explicatif pertinent du déficit en mémoire épisodique des personnes âgées (Davidson & Glisky, 2002 ; Glisky, Polster, & Routhiaux, 1995). Dans un premier temps, nous préciserons à travers une revue de littérature le concept de fonctionnement exécutif.

2.3.1. Définition du fonctionnement exécutif

Le terme de fonctions exécutives fut proposé initialement par Luria (1966), qui a développé un modèle théorique selon lequel tout comportement complexe implique une élaboration successive de comportements en quatre étapes : (1) la définition d'un objectif et l'analyse des données constituant la situation, (2) la planification et l'élaboration d'un programme d'action, (3) l'exécution du programme, et (4) la vérification par confrontation du résultat avec les données initiales. Plus précisément, le fonctionnement exécutif renvoie à un ensemble de processus cognitifs dont le rôle principal est de faciliter l'adaptation du sujet aux situations nouvelles et/ou complexes, en particulier lorsque les habiletés cognitives surappries ne sont plus suffisantes. En effet, si la plupart de nos activités quotidiennes peuvent être réalisées de façon routinière et sans y prêter une attention particulière, un certain nombre de situations nécessitent, pour produire un comportement efficace et approprié au contexte, l'intervention de mécanismes de contrôle. On peut donc globalement considérer que les fonctions exécutives interviendraient là où les tâches requièrent la mise en œuvre de processus contrôlés. Ces mécanismes de contrôle (ou exécutifs) regroupent un grand nombre de processus distincts tels que l'inhibition de réponses prédominantes, l'initiation de comportements, la planification de l'action, la génération d'hypothèses, la flexibilité cognitive, le jugement et la prise de décision, l'exploitation des feed-backs, etc.

Une critique fréquemment formulée à l'encontre du concept de fonctionnement exécutif est que les processus regroupés sous ce terme sont relativement hétérogènes et n'ont pas, la plupart du temps, été établis sur une base théorique mais plutôt sur une base lésionnelle. Cependant, dans un essai de synthèse et de théorisation du fonctionnement exécutif, Rabbit (1997) a relevé un ensemble de situations impliquant le recours à des processus exécutifs. Ces situations sont caractérisées par la nouveauté à laquelle l'individu est confronté, le contrôle

exécutif est nécessaire lors de la réalisation de tâches nouvelles, pour lesquelles l'individu ne dispose pas d'un plan d'action préalable et qui ne peuvent être menées à bien en se basant uniquement sur des routines d'action fortement automatisées. Ce critère de nouveauté ne signifie cependant pas que ce sont les tâches les plus complexes qui nécessitent un contrôle exécutif. En effet, une tâche complexe mais familière peut être réalisée sans contrôle exécutif, alors qu'une tâche simple, mais nouvelle, exigera un contrôle attentionnel. Par ailleurs, le contrôle exécutif concerne également la détection et la correction des erreurs, l'interruption et la modification du plan d'action quand il s'avère inapproprié. Selon cet auteur, les fonctions exécutives interviendraient aussi chaque fois qu'il s'agit de contrôler l'allocation de ressources attentionnelles afin de passer d'une séquence de comportements à une autre en fonction des exigences de l'environnement. Le fonctionnement exécutif interviendrait également pour coordonner la réalisation simultanée de deux tâches qui pourraient nécessiter un contrôle stratégique destiné à prendre en compte les exigences conflictuelles de chacune des tâches. Par ailleurs, le contrôle exécutif serait indispensable pour empêcher la production de réponses qui ne sont pas appropriées dans un contexte particulier. Le contrôle exécutif serait également requis lors de la recherche délibérée (consciente) d'informations en mémoire, lors du maintien de l'attention de façon soutenue sur de longues périodes de temps, ce qui permet de contrôler le déroulement de longues séquences de comportements. Enfin, une dernière caractéristique des conduites exécutives serait qu'elles sont accessibles à la conscience.

Les fonctions exécutives apparaissent donc comme des ressources indispensables à la réalisation de tâches différentes dans une large gamme d'activités cognitives. Différentes sources d'informations ont contribué à établir un certain consensus concernant ce concept de fonctionnement exécutif. Elles concernent les recherches menées sur le rôle du cortex préfrontal dans la cognition au travers d'études neuropsychologiques de patients cérébro-lésés, d'études en neuroimagerie cérébrale fonctionnelle, et enfin au travers de différents modèles du fonctionnement exécutif.

2.3.2. Modèles du fonctionnement exécutif

Une des sources d'informations ayant permis de préciser le concept de fonctionnement exécutif provient des travaux concernant la mémoire de travail. Selon Baddeley et Hitch (1974 ; voir également Baddeley, 1986), la mémoire de travail se conçoit comme un système de capacité limitée, destiné au maintien temporaire et à la manipulation de l'information

durant la réalisation de diverses tâches cognitives. Le modèle initialement présenté par Baddeley et Hitch (1974) proposait l'existence de trois sous-composantes fonctionnellement distinctes, l'administrateur central, la boucle phonologique et le registre visuo-spatial. Une quatrième composante a été ajoutée, la mémoire tampon (ou buffer épisodique) (Baddeley, 2000). Ces systèmes de stockage, boucle phonologique, registre visuo-spatial et buffer épisodique, sont en relation étroite avec l'administrateur central, lequel est considéré comme un système attentionnel de contrôle qui a notamment pour fonction de sélectionner les stratégies cognitives et de coordonner l'information en provenance de différentes sources. Ainsi, le modèle proposé par Baddeley et Hitch (1974) intègre explicitement l'idée d'un centre exécutif qu'ils nomment administrateur central. Selon Baddeley (1986), les fonctions attribuées à l'administrateur central pourraient correspondre à celles dédiées au système attentionnel de supervision (Supervisory Attentional System, SAS) du modèle proposé par Norman et Shallice (1980, 1986).

Selon le modèle de Norman et Shallice (1980, 1986), la plupart des actions de la vie quotidienne peuvent être réalisées de façon automatique sans qu'une attention particulière ne doive leur être portée. Cependant, un contrôle attentionnel volontaire sera nécessaire lorsqu'une composante de planification d'un comportement nouveau ou d'inhibition d'un comportement dominant est requise. Ce modèle est structuré en trois niveaux de contrôle attentionnel. Le premier est un schéma d'action dont le caractère sur-appris permet un déroulement relativement automatisé pour faire face aux situations répétitives de la vie quotidienne. Le deuxième niveau repose sur le gestionnaire de priorité qui intervient dans les situations routinières lorsque plusieurs schémas sont activés de façon concurrente pour attribuer une priorité à l'un d'entre eux. Enfin, le SAS intervient lorsque la sélection de schémas d'action routiniers ne suffit pas et qu'un contrôle attentionnel volontaire est requis, par exemple lorsque les tâches exigent une prise de décision et une planification, ou lorsqu'il s'agit de s'adapter à une situation nouvelle, ou lors de situations exigeant d'empêcher une réponse habituelle prédominante, ou encore dans des situations impliquant la correction d'erreurs. Ce superviseur attentionnel aurait également pour fonction de maintenir des buts à long terme, de contrôler l'efficacité d'une stratégie particulière et éventuellement d'assurer les changements de stratégies.

Ces différentes propositions théoriques se sont vues confirmées par des travaux expérimentaux qui ont fourni des arguments en faveur de l'existence de processus exécutifs distincts mais liés entre eux, en d'autres termes le fonctionnement exécutif constituerait un système unitaire mais fractionné en sous processus.

Ainsi, Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter et Wagner (2000) ont mis en évidence par la méthode de l'analyse factorielle confirmatoire l'existence de trois fonctions exécutives distinctes : la fonction de mise à jour (updating) qui se réfère à la modification du contenu de la mémoire de travail en fonction de nouvelles entrées, les capacités de flexibilité (shifting) qui représentent la capacité de déplacer volontairement le foyer attentionnel d'une catégorie de stimuli à une autre ou d'un processus cognitif à un autre, et les processus d'inhibition dont le but est d'empêcher des informations ou des processus non pertinents de venir perturber la tâche en cours d'exécution. Les résultats de cette étude ont montré que les processus exécutifs de mise à jour, de flexibilité et d'inhibition se distinguent clairement les uns des autres mais n'apparaissent pas complètement indépendants et possèderaient quelques processus en commun. Ces résultats sont compatibles avec une conceptualisation du fonctionnement exécutif en termes à la fois d'unité et de diversité des fonctions (Duncan, Johnson, Swales, & Freer, 1997). Miyake et al. (2000) ont proposé que ces processus communs aux différentes fonctions exécutives représentent soit la nécessité de maintenir en mémoire de travail des informations à propos des buts et du contexte de la tâche, soit la mise en œuvre de processus inhibiteurs.

2.3.3. Neuropsychologie et neuroimagerie du fonctionnement exécutif

Les autres sources d'informations ayant permis de préciser le concept de fonctionnement exécutif proviennent des recherches menées sur le rôle du cortex préfrontal dans la cognition à l'aide de techniques de neuroimagerie et de tests neuropsychologiques évaluant les fonctions exécutives.

Dès le début de leurs travaux, Norman et Shallice (1986) ont fait un lien explicite entre le fonctionnement du SAS et les parties antérieures du cerveau. Ainsi, un des intérêts de ce modèle est de proposer une interprétation cohérente à des comportements apparemment contradictoires chez des patients frontaux (Shallice, 1988). En effet, la perturbation des systèmes de contrôle attentionnel peut entraîner aussi bien une tendance à persévérer, engendrée par des comportements routiniers, dans le cadre d'une situation familière (Milner, 1964 ; Nelson, 1976 ; Shallice & Burgess, 1993), qu'une distractibilité exagérée en réponse à des éléments non pertinents lorsque la situation est nouvelle. D'après Shallice (1988), l'altération du SAS entraîne une dépendance au gestionnaire de priorités, ce qui permet d'expliquer les symptômes classiques associés aux troubles du lobe frontal.

Dans ce cadre, des études ont souligné l'existence de déficits attentionnels chez des patients frontaux et notamment concernant l'inhibition (Alivisatos & Milner, 1989 ; Knight, Hillyard, Woods, & Neville, 1981). Ainsi, des difficultés ont été observées lors de la réalisation de tâches nécessitant d'inhiber la production d'une réponse fortement activée (ou automatique), telles que les tâches de « Go/No-go » (Drew, 1975), de Stroop (Perret, 1974 ; Richer, Décary, Lapierre, Rouleau, et al., 1993 ; Vendrell, Junqué, Pujol, Jurado, et al., 1995) et de Hayling (Shallice & Burgess, 1996 ; Andrès & Van der Linden, 2001). Par ailleurs, diverses études (e.g., Larrue, Celsis, Bes, & Marc-Vergnes, 1994 ; Pardo, Pardo, Janer, & Raichle, 1990) ayant utilisé la Tomographie par Emission de Positons (TEP) chez des volontaires sains montrent que les régions frontales sont particulièrement impliquées lors de la réalisation de la tâche de Stroop (Stroop, 1935). Dans la version standard de cette épreuve, des noms de couleur sont présentés imprimés dans différentes couleurs d'encre, et la tâche du sujet consiste à produire le nom de l'encre utilisée (et à s'empêcher de lire le mot écrit). Ce test implique l'inhibition d'un mécanisme prédominant (ici, la lecture) afin de mettre en œuvre un processus moins automatique (ici, la dénomination de couleur).

Le processus de mise à jour consiste à continuellement modifier le contenu de la mémoire de travail suite à la présentation de nouvelles informations et est impliqué dans de nombreuses activités de la vie quotidienne, tels l'apprentissage et l'organisation d'informations récemment acquises. La fonction de mise à jour a été explorée en utilisant des tâches de type *running span task* (Morris & Jones, 1990 ; Pollack, Johnson, & Knaff, 1959) et de type *n-back* (Braver, Cohen, Nystrom, Jonides, Smith, & Noll, 1997 ; Jonides, Schumacher, Smith, Lauber, et al., 1997 ; Schumacher, Lauber, Awh, Jonides, Smith, & Koeppel, 1996 ; Smith, Jonides, & Koeppel, 1996). La tâche de mise à jour consiste à présenter des listes d'items dont la longueur est inconnue aux participants et à leur demander de rappeler un nombre préspecifié d'items de chaque liste (par exemple, rappeler les quatre derniers items de listes de 4, 6, 8 ou 10 items). Dans les tâches de type *n-back*, les items sont également présentés de façon séquentielle mais cette fois les sujets doivent décider, pour chaque item présenté, s'il est semblable ou non à celui présenté *n* items auparavant. Dans une récente étude, du Boisgueheunec, Levy, Volle, Seassau, Duffau, Kinkingnehun, et al. (2006) ont montré que des lésions frontales gauches entraînaient des déficits dans une tâche de type *n-back*. Globalement, il apparaît que ce processus, évalué à l'aide de tâches de type *running span* et *n-back*, fait intervenir simultanément différentes régions antérieures du cerveau (Owen, Stern, Look, Tracey, Rosen, & Petrides, 1998 ; Smith, Jonides, & Koeppel, 1996 ; Salmon, Van der Linden, Collette, Delfiore, Maquet, Degueldre, et al., 1996). Parmi ces

régions, Van der Linden, Collette, Salmon, Delfiore, Degueldre, Luxen, et al. (1999) ont souligné le rôle prédominant d'une région frontale associée à l'évaluation et à la sélection de l'information générée de façon interne (Christoff & Gabrielli, 2000), un processus clé lors de la réalisation de tâches de *running span*, qui nécessite de continuellement réorganiser la séquence d'items maintenue en mémoire en fonction de la présentation de nouvelles informations.

La capacité de flexibilité intervient dans des situations où un comportement, pour être efficace face aux stimuli environnementaux, nécessitent des déplacements fréquents et rapides du foyer attentionnel entre différents aspects des stimuli à traiter ou entre plusieurs opérations cognitives distinctes. L'exploration des régions cérébrales sous-tendant ce processus s'est principalement basée sur des paradigmes nécessitant d'alterner entre (1) la réalisation de différentes tâches cognitives, (2) plusieurs associations stimulus-réponse (la tâche à effectuer restant quant à elle constante), (3) différents « sets cognitifs » au sein d'une même tâche (un set cognitif représentant toutes les informations relatives à la tâche, par exemple traiter la forme ou la couleur de l'item). Ainsi, lors de tâches d'alternance, les patients porteurs de lésions frontales présentent une altération des processus nécessaires à la reconfiguration des règles spécifiques à la tâche en cours lors de chaque alternance et des processus nécessaires à l'inhibition de réponses inappropriées pour la sous-tâche en cours (Aron, Monsell, Sahakian, & Robbins, 2004 ; Keele & Rafal, 2000 ; Mayr, Diedrichsen, Ivry, & Keele, 2006 ; Mecklinger, von Cramon, Springer, & Matthes-von Cramon, 1999). Dans l'ensemble, les études en neuroimagerie cérébrale fonctionnelle ont montré que le processus de flexibilité est associé à un large réseau cérébral antéro-postérieur, mettant principalement en jeu un ensemble de régions préfrontales, pariétales et également sous-corticales (Brass & von Cramon, 2004 ; Braver, Reynolds, & Donaldson, 2003 ; Swainson, Cunnington, Jackson, Rorden, Peters, Morris, et al., 2003 ; Sylvester, Wager, Lacey, Hernandez, Nichols, Smith, et al., 2003 ; voir pour revues Collette, Hogge, Salmon, & Van der Linden, 2006 ; Collette & Van der Linden, 2002).

Conclusion

En conclusion sur le fonctionnement exécutif, le développement de la neuropsychologie cognitive a entraîné l'apparition de classifications et de modèles concernant les fonctions exécutives. Globalement, ces modèles intègrent deux ensembles constitués d'habiletés nécessaires à la planification et à l'exécution de l'action. Le premier ensemble

regroupe les habiletés correspondant à la capacité de générer un plan d'action (pré-planification) et à la capacité de contrôler cette action, qui permet la modification du programme en cours si nécessaire. Le second ensemble est composé des ressources cognitives nécessaires à la mise en œuvre de ces opérations (i.e., mémoire de travail et contrôle de l'inhibition).

Par ailleurs, différentes observations concourent pour soutenir l'idée selon laquelle les fonctions exécutives constitueraient un système unitaire et fractionné, c'est-à-dire un système qui serait constitué de processus différents mais liés entre eux (Miyake et al., 2000 ; Friedman & Miyake, 2004). Le facteur commun à ces différentes fonctions pourrait correspondre à une capacité générale de contrôle attentionnel ayant pour but le maintien actif d'une quantité limitée d'informations représentant les buts de la tâche, ainsi qu'à la capacité à inhiber des informations inappropriées induites par les contextes de la tâche.

D'autre part, différentes études ont tenté de déterminer la contribution des lobes frontaux lors de la réalisation de tâches impliquant les fonctions exécutives. Les études chez les patients présentant des lésions frontales suggèrent que le fonctionnement exécutif n'implique pas spécifiquement l'activation du lobe frontal, mais aussi celle d'autres régions. Finalement, compte tenu des études en neuroimagerie cérébrale fonctionnelle, il semble que la réalisation de tâches qui requièrent les fonctions exécutives est sous-tendue par un réseau cérébral diffus impliquant de façon prépondérante le cortex frontal, mais également les régions postérieures et certaines structures sous-corticales (voir pour revues Collette et al., 2006 ; Collette & Van der Linden, 2002).

2.3.4. Fonctionnement exécutif et vieillissement

Différents arguments issus des études de patients cérébro-lésés frontaux et en neuroimagerie fonctionnelle chez des sujets sains indiquent que les régions frontales interviennent dans le fonctionnement exécutif. Par ailleurs, les modifications cérébrales liées au vieillissement semblent particulièrement touchées les régions frontales. En outre, du point de vue comportemental, une diminution significative des performances liées à l'âge apparaît aux tests cliniques utilisés pour évaluer les fonctions exécutives, révélant ainsi l'existence d'une similitude entre le profil de performances des sujets âgés et celui des patients frontaux (voir Isingrini, 2004). Depuis les premières études d'Ardilla et Rosselli (1989) et de Whelihan et Leshner (1985), de nombreux résultats confirment un déclin des performances avec l'âge à de multiples tâches exécutives. Ainsi, plusieurs études ayant utilisé le test du Wisconsin Card

Sorting Test (WCST) ont montré une altération des performances liée à l'âge (Isingrini & Vazou, 1997 ; Ridderinkhof, Span, & Van der Molen, 2002 ; voir pour revue Rhodes, 2004). Ce test complexe et multidéterminé, est considéré comme un marqueur très sensible du fonctionnement exécutif. Il implique la mobilisation de différents processus, telles que la planification, la catégorisation, la flexibilité ou encore l'inhibition. Globalement, ces études ont noté que l'identification des catégories était plus lente et le taux d'erreurs persévératives plus élevé chez les sujets âgés. Sur d'autres tâches impliquant plusieurs composantes exécutives, Andrès et Van der Linden (2000) ont observé que les sujets âgés manifestaient des troubles de la planification au test de la Tour de Londres, et des difficultés dans l'abstraction de règles logiques au test de Brixton. Les épreuves de fluence verbale, qui consistent à demander aux sujets de produire dans un temps limité le plus de mots appartenant à une certaine catégorie sémantique ou commençant pas une même lettre, et qui impliquent de maintenir la représentation du programme et d'inhiber des réponses interférentes, sont également affectées par l'âge (Isingrini & Vazou, 1997 ; Souchay, Isingrini, & Espagnet, 2000 ; mais voir Troyer, Moscovitch, & Winocur, 1997 pour des résultats différents). Concernant l'évaluation des composantes plus élémentaires du fonctionnement exécutif, des travaux ont été menés sur l'effet de l'âge sur les mécanismes d'inhibition. Ceux-ci ont indiqué que les sujets âgés inhibaient moins l'accès d'informations non pertinentes en mémoire de travail (Clark, 1996 ; Hasher & Zacks, 1988), inhibaient moins la réponse automatique de lecture de mot à la tâche de Stroop (Verhaegen & De Meersman, 1998 ; West & Baylis, 1998), ou encore inhibaient moins la réponse dominante associée au contexte d'une phrase dans le test de Hayling (Andrès & Van der Linden, 2000). La fonction de flexibilité semble également altérée au cours du vieillissement. Par exemple, Kray, Li et Lindenberger (2002) ont observé que les sujets âgés avaient des difficultés à alterner leur foyer attentionnel sur les stimuli pertinents au cours de la tâche. En accord avec ce déficit de flexibilité, plusieurs études observent une diminution des performances liée à l'âge au Trail Making Test, où les sujets doivent relier alternativement et dans l'ordre croissant les lettres de l'alphabet et les nombres (Lyness, Eaton, & Schneider, 1994 ; Salthouse & Fristoe, 1995 ; Wecker, Kramer, Hallam, & Delis, 2005). En accord avec ces différentes études et sur la base des travaux de Miyake et al. (2000), Fisk et Sharp (2004) ont mis en évidence un effet de l'âge sur les trois fonctions exécutives, telles que la fonction de mise à jour (à l'aide de tâches d'empan de lecture, d'empan arithmétique, de mise à jour de consonnes et de séquences spatiales de Brooks), la fonction d'inhibition (à l'aide de tâches de génération aléatoire), et la fonction de

flexibilité (à l'aide du test du WCST). En conclusion, la plupart des observations contribuent à soutenir l'idée que le vieillissement s'accompagne d'un déclin du fonctionnement exécutif.

2.3.5. Mémoire épisodique et vieillissement : hypothèse exécutivo-frontale

Les deux derniers éléments qu'implique l'hypothèse exécutivo-frontale pour expliquer le vieillissement cognitif, reposent sur le constat que le pattern de déficit mnésique des personnes âgées partage d'importantes similarités avec celui des patients présentant des lésions frontales, et reposent sur les résultats de différentes études mettant en évidence le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans les effets de l'âge sur différentes mesures de mémoire épisodique.

Des études ont en effet montré que les patients avec lésions frontales présentaient un déficit des capacités d'organisation du matériel lors d'une tâche de mémoire (Stuss, Alexander, Palumbo, Buckle, Sayer, & Pogue, 1994) identiques à celles observées chez des sujets âgés (Taconnat et al., 2009 ; West & Thorn, 2001). Cette similitude a été directement mise en évidence dans un travail de Stuss, Craik, Sayer, Franchi, et Alexander (1996), dans lequel les performances de patients frontaux et de sujets âgés à une tâche d'apprentissage de listes de mots étaient comparées. Shimamura (1995) montrent que les patients frontaux, comme les sujets âgés (Anderson, Craik, & Naveh-Benjamin, 1998 ; Craik & Jennings, 1992 ; Craik & McDowd, 1987 ; Smith, 1996), présentent un déficit plus marqué dans les tâches de rappel libre que de rappel indicé et de reconnaissance. Ces résultats suggèrent l'existence de difficultés dans la mise en œuvre de stratégies efficaces de récupération de l'information en mémoire. En effet, lors d'un test de rappel libre, où aucune aide externe n'est fournie aux sujets, la récupération de l'information s'effectue par l'initiation et l'exécution spontanée d'une opération de reconstruction de l'épisode d'apprentissage. En outre, les patients frontaux (Schacter, Harbluck, & McLachlan, 1984 ; Shimamura, Janowsky, & Squire, 1990) et les sujets âgés présentent un déclin de la capacité à rappeler les informations relatives au contexte d'apprentissage, comme cela a été observé à l'aide d'épreuves de mémoire de source (Davidson & Glisky, 2002 ; Glisky, Polster, & Routhiaux, 1995 ; Mitchell, Johnson, & Matter, 2003) ou lors du rappel de l'ordre temporel des informations (Parkin, Walter, & Hunkin, 1995 ; Spencer & Raz, 1994). D'autre part, l'apparition de faux souvenirs, d'intrusions ou de fausses reconnaissances fréquemment constatée dans la pathologie frontale (Schacter, 1997) a aussi été rapportée dans le vieillissement normal (Balota, Cortese, Duchek, Adams, Roediger, McDermott, & Yerys, 1999 ; Butler, McDaniel, Dornburg, Price, & Roediger, 2004). Chez les

personnes âgées, l'apparition de faux souvenirs soulignerait les défaillances du contrôle exécutif lors des processus de récupération impliquant des difficultés à récupérer les détails spécifiques de l'épisode d'apprentissage et empêchant ainsi de juger de la véracité d'un événement passé (Kelley & Sahakyan, 2003).

Des études en neuroimagerie cérébrale fonctionnelle n'ont pourtant pas montré de différence liée à l'âge de l'activation préfrontale droite lors de la récupération d'informations en mémoire épisodique (Bäckman, Almkvist, Andersson, Nordberg, et al., 1997 ; Grady et al., 1995). Toutefois, Schacter, Savage, Alpert, Rauch et Albert (1996) révèlent l'existence de différences liées à l'âge en termes de régions activées. L'activité cérébrale de sujets jeunes et âgés a été examinée lors de deux types d'encodage en mémoire épisodique, un encodage perceptif (i.e., superficiel) et un encodage sémantique (i.e., profond). Globalement, les résultats indiquent que les difficultés des sujets âgés sont plus importantes lorsque la tâche de mémoire requiert la mise en œuvre d'opérations de recherche contrôlée (i.e., encodage superficiel), et que cette récupération contrôlée est corrélée au niveau d'activation des régions préfrontales seulement chez les sujets jeunes. En outre, plusieurs études ont montré l'existence de différences liées à l'âge dans l'activité du cortex préfrontal lors de l'encodage en mémoire épisodique (Cabeza et al., 1997 ; Grady et al., 1995 ; Grady, McIntosh, Rajah, Beig, & Craik, 1999 ; Gutchess, Welsh, Hedden, Bangert, Minear, Liu, et al., 2005 ; Logan et al., 2002 ; voir pour revue Dennis & Cabeza, 2008). Globalement, ces études ont montré que les sujets jeunes présentaient une activation significativement plus importante que celle des sujets âgés dans le cortex préfrontal.

Par ailleurs, certains travaux ont révélé le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans les effets de l'âge sur différentes mesures de mémoire épisodique (Bryan, Luszcz, & Pointer, 1999 ; Bunce, 2003 ; Crawford, Bryan, Luszcz, Obonsawin, & Stewart, 2000 ; Taconnat, Baudouin, Fay, Vanneste, Clarys, Tournelle, & Isingrini, 2006 ; Taconnat, Clarys, Vanneste, Bouazzaoui, & Isingrini, 2007). Par exemple, Taconnat et al. (2009) ont observé des effets de l'âge sur des mesures d'organisation sémantique à l'encodage et de flexibilité cognitive évaluée par les erreurs persévératives du WCST (Kaplan, Sengör, Gürvit, & Güzelis, 2006). En outre, ces deux mesures étaient corrélées, indiquant que plus les sujets avaient de difficultés à adapter leur réponse selon les stimuli présentés (i.e., flexibilité cognitive) donc persévéraient dans leur comportement erroné, moins ils organisaient le matériel à apprendre en catégories sémantiques. La flexibilité cognitive est impliquée dans la mise en place de stratégies adaptatives qui permettent d'optimiser un comportement en réponse à n'importe quelle tâche cognitive (Ridderinkhof, Ullsperger, Crone, & Nieuwenhuis, 2004). Les auteurs

suggèrent que le déficit en mémoire épisodique des personnes âgées pourrait en partie s'expliquer par la diminution de leur capacité de flexibilité cognitive entraînant ainsi des difficultés dans la mise en place de stratégies d'encodage, telle que l'organisation sémantique. Dans une autre étude, Taconnat et al. (2006) ont examiné le rôle du fonctionnement exécutif dans les processus de récupération en mémoire chez des sujets jeunes et âgés. Le niveau du support cognitif à la récupération variait selon l'aide apportée par le test de rappel. Le fonctionnement exécutif était évalué à l'aide du WCST et les mesures retenues étaient les erreurs persévératives. Les résultats ont montré que la différence liée à l'âge sur les performances en mémoire augmentait quand le niveau du support cognitif fourni à la récupération diminuait. Ces résultats ont été interprétés en termes de déficit des processus stratégiques de récupération lié à l'âge, la diminution du support cognitif à la récupération impliquant d'initier spontanément les stratégies nécessaires qui permettent de réinstaller le contexte d'apprentissage. En outre, l'analyse de régression indiquait que cette baisse des performances liée à la diminution du support cognitif était en partie expliquée par le niveau de fonctionnement exécutif chez les personnes âgées. Le dysfonctionnement exécutif lié à l'âge semble rendre compte en partie des difficultés qu'éprouvent les personnes âgées dans l'initiation et l'exécution des stratégies de récupération en mémoire. Plusieurs études ont également exploré le rôle médiateur du fonctionnement exécutif dans les effets de l'âge sur les mesures de remémoration consciente évaluées par le paradigme R/K (Gardiner, 1988). Par exemple, Bunce (2003) a comparé des sujets jeunes et âgés dont le niveau de fonctionnement exécutif variait (i.e., haut vs. bas). Le niveau de support cognitif à l'apprentissage variait selon le degré de catégorisation des mots au sein de deux listes (i.e., listes de mots catégorisables vs. non catégorisables). Les performances mnésiques étaient évaluées par une tâche de rappel libre et les réponses R et K étaient enregistrées lors d'un test de reconnaissance. Les résultats ont montré que le support cognitif élevé (i.e., liste de mots catégorisables) était particulièrement bénéfique aux sujets âgés ayant un faible niveau de fonctionnement exécutif, suggérant qu'une aide externe à l'encodage compenserait le déficit des processus stratégiques associé à un faible niveau de fonctionnement exécutif. De plus, la diminution des réponses R classiquement observée chez les personnes âgées était réduite dans le groupe de participants âgés avec un haut fonctionnement exécutif. Des résultats similaires ont été observés et semblent indiquer que les réponses R, reflétant la récupération consciente du contexte d'apprentissage, seraient liées au fonctionnement exécutif et activeraient des régions préfrontales (Bugaiska et al., 2007 ; Clarys et al., 2009 ; Parkin & Walter, 1992 ; Yonelinas, Otten, Shaw, & Rugg, 2005).

Conclusion

En conclusion, dans leur ensemble, ces résultats suggèrent que l'hypothèse exécutivo-frontale permettrait d'expliquer, en partie, les effets du vieillissement sur la mémoire épisodique. Selon Moscovitch et Winocur (1992), le vieillissement n'altère pas directement la mémoire épisodique sous-tendue par le système temporal-hippocampique, fonctionnant sur un mode associatif et automatique, mais influence les processus qui « travaillent avec la mémoire épisodique » sous-tendus par le système frontal. Autrement dit, le vieillissement entraîne une altération des processus de sélection et de mise en œuvre des stratégies d'encodage et de récupération qui permettent l'optimisation du fonctionnement de la mémoire épisodique. Ce modèle suggère donc que le déficit de fonctionnement exécutivo-frontal lié à l'âge limite les aspects stratégiques et conscients des processus mnésiques qui opèrent à la fois aux étapes d'encodage et de récupération.

Partie 3 : Métacognition et Métamémoire

La métamémoire s'intègre au concept plus général de la métacognition. Flavell avait défini celle-ci dès 1976 : “ La métacognition se rapporte aux connaissances qu'on a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui y touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'informations ou de données. La métacognition se rapporte entre autre chose à l'évaluation active, à la régulation et à l'organisation de processus en fonction des objets cognitifs ou des données sur lesquelles ils portent, habituellement pour servir un but ou un objectif concret”. Le terme de métacognition désigne donc la “ cognition sur la cognition” ou la connaissance des processus cognitifs impliqués dans différentes fonctions comme la mémoire (métamémoire ; Flavell, 1971), la compréhension (métacompréhension ; Maki & Berry, 1984) ou l'attention (méta-attention ; Yussen, 1985).

L'examen des différents modèles relatifs à la métacognition permet de distinguer deux types de modèles, le premier proposant de voir la métacognition avec deux composantes : la connaissance de la cognition et la régulation de la cognition (Flavell, 1979 ; Brown, 1978 ; Nelson & Narens, 1990). La régulation rend compte de deux fonctions distinctes : la planification et le contrôle. La planification assurerait la mise en place d'un plan d'action pour la résolution de la tâche et dépendrait des connaissances métacognitives de l'individu. Le contrôle, quant à lui, interviendrait pendant la réalisation de la tâche et permettrait l'évaluation de l'efficacité du plan adopté en fonction du but ou de l'objectif à atteindre et d'en changer si nécessaire. Le deuxième type de modèle n'intègre pas la composante de régulation dans la métacognition (Cavanaugh & Perlmutter, 1982 ; Lawson, 1980). Les auteurs s'inscrivant dans ce cadre conceptuel considèrent que seules les connaissances sont métacognitives. Dans ce travail, nous ne tiendrons pas compte de cette dernière conception puisqu'un de nos objectifs est d'examiner la fonction de régulation dans le vieillissement normal.

1. Modèles de la métacognition

1.1. Modèle de Flavell (1979)

Dans son modèle métacognitif, Flavell (1979) suggère que le contrôle des différentes activités cognitives se produit par l'action et l'interaction de quatre composantes : (1) les connaissances métacognitives, (2) les expériences métacognitives, (3) les buts cognitifs et (4) les actions ou stratégies cognitives. Les *connaissances métacognitives* se réfèrent aux connaissances générales, acquises lors d'expériences antérieures, sur les facteurs susceptibles d'influencer le fonctionnement cognitif. Dans ce sens, les connaissances métacognitives permettent l'élaboration de plans pour la réalisation de tâches cognitives tout en tenant compte de certains facteurs susceptibles d'influencer la performance cognitive. Parmi ces facteurs, on peut distinguer les connaissances sur les facteurs intrinsèques à la personne, à la tâche et aux stratégies. Les connaissances relatives à la personne correspondent aux croyances que l'individu possède sur ses propres compétences cognitives ainsi que sur celles d'autrui et l'évolution éventuelle de ces compétences. Outre les connaissances portant sur les différences intra et interindividuelles, Flavell (1979) suppose également l'existence de connaissances générales, qui correspondent aux lois, théories ou règles qui régissent le fonctionnement cognitif humain en général. Les connaissances relatives à la tâche renvoient aux caractéristiques de la situation à laquelle l'individu est confronté et aux particularités de l'activité cognitive à réaliser, comme le format de la tâche (par exemple : rappel vs. reconnaissance) ou le matériel impliqué (par exemple : verbal vs. imagé). Ces connaissances permettent notamment d'évaluer le degré de difficulté de réalisation d'une tâche à effectuer. Les connaissances relatives aux stratégies concernent les procédures disponibles et efficaces pour améliorer la réalisation de l'action et atteindre les objectifs fixés. Finalement, les individus disposent d'un savoir concernant l'interaction entre ces différentes connaissances (personne, tâche, stratégies), permettant ainsi de sélectionner, évaluer et modifier des stratégies au regard des compétences de chacun et des caractéristiques de la tâche à réaliser. Par exemple, un individu peut considérer qu'il peut (à la différence de son voisin) utiliser la stratégie A (plus efficace que la stratégie B) dans la tâche X (plutôt que dans la tâche Y). Les *expériences métacognitives* concernent toute prise de conscience, lors de la réalisation de la tâche, d'une expérience cognitive et/ou affective particulière. Les sentiments de savoir, comprendre ou pouvoir se rappeler sont ainsi définis comme des expériences métacognitives.

Ces expériences vont permettre d'une part d'évaluer le niveau de maîtrise de la tâche, et d'autre part d'évaluer la nécessité de mettre en place ou de modifier des stratégies cognitives adaptées pour atteindre le but fixé. Selon Flavell (1979), les expériences métacognitives interviennent dans des situations qui nécessitent un niveau élevé de prise de conscience et de ressources attentionnelles, comme dans les situations nouvelles où chaque étape requiert une planification préalable et l'évaluation subséquente de l'efficacité de l'action initiée. Le modèle de Flavell (1979) intègre également les *buts cognitifs* qui correspondent aux objectifs de l'activité cognitive que l'on souhaite atteindre, et les *actions* ou *stratégies* qui correspondent aux moyens mis en œuvre pour atteindre les buts fixés. Le fonctionnement métacognitif, selon Flavell, repose sur l'interaction dynamique entre les connaissances métacognitives, les expériences métacognitives, les buts et les stratégies et permettant ainsi le contrôle des activités du système cognitif.

1.2. Modèle de Nelson et Narens (1990)

Parmi les conceptions permettant de rendre compte de l'organisation fonctionnelle de la métacognition, le modèle Nelson et Narens (1990, 1994) semble être actuellement l'un des plus influents et adopté par la majorité des chercheurs. Ce modèle offre un cadre théorique général pour la compréhension des relations entre la cognition et la métacognition. Il est composé de deux niveaux interconnectés : le niveau cognitif ou *object-level* et le niveau métacognitif ou *meta-level*. Le niveau métacognitif est assimilé à un modèle du niveau cognitif, c'est-à-dire à une représentation mentale du système cognitif susceptible d'être modifié en fonction de l'activité en cours. Il permet à la fois de déterminer le but à atteindre, d'évaluer les progrès lors de la réalisation d'une tâche cognitive et la modification des stratégies mises en œuvre si nécessaire. Les niveaux cognitif et métacognitif sont reliés entre eux par deux flux d'informations. Le flux d'informations allant du niveau cognitif au niveau métacognitif est appelé *monitoring* et permet à l'individu d'évaluer l'état de son système cognitif à un moment donné. Le flux d'informations allant du niveau métacognitif au niveau cognitif est appelé *control* et permet à l'individu d'initier une action, de la poursuivre, de l'ajuster si nécessaire, ou encore de la terminer si le but est atteint. Ces deux flux d'informations entretiennent une relation étroite et dynamique puisque les connaissances sur l'état du système cognitif (*monitoring*) impliquent la mise en œuvre de stratégies (*control*) permettant l'ajustement du comportement en vue d'atteindre le but fixé. L'hypothèse du

monitoring-affects-control (Nelson & Leonesio, 1988) illustre cette relation en suggérant que les produits de la phase de *monitoring* influencent la phase de *control*.

En résumé, les conceptions de Flavell (1979) et Nelson et Narens (1990) décrivent les caractéristiques générales des processus métacognitifs et leur dynamique. Globalement, ces deux modèles intègrent deux composantes distinctes de la métacognition : les connaissances métacognitives et la régulation. Les *connaissances métacognitives* correspondent d'une part aux connaissances générales faisant référence aux représentations construites par l'individu sur ses propres connaissances (les *connaissances métacognitives* selon Flavell et le modèle interne contenu au niveau métacognitif selon Nelson et Narens) et d'autre part, aux connaissances acquises au cours d'une activité cognitive faisant référence aux jugements métacognitifs qui résultent de l'évaluation *on-line* d'un individu sur ses propres processus cognitifs (les expériences métacognitives selon Flavell et le monitoring selon Nelson et Narens). On peut ainsi distinguer deux types de jugement métacognitif, les jugements basés sur les connaissances métacognitives correspondant aux connaissances générales ou théories (*information-* ou *theory-based-judgments*) et les jugements dits heuristiques car basés sur les expériences subjectives (*experience-based-judgments*). Finalement, l'ensemble de ces connaissances métacognitives va permettre la *régulation* de la cognition, c'est-à-dire la gestion et le contrôle de la cognition par la mise en œuvre de stratégies adaptées.

2. Modèles de la métamémoire

La métamémoire est le terme initialement utilisé par Flavell (1971) pour désigner les connaissances que l'individu développe et acquiert sur ses propres capacités mnésiques. Les premiers travaux, avant les années 1980, ont principalement porté sur le développement de ces capacités métamnésiques chez les enfants (Flavell, 1979). Lors de la décennie suivante, le champ de recherche sur la métamémoire s'est étendu aux capacités métamnésiques déjà acquises chez les adultes, avec pour principaux objectifs de mesurer la précision des jugements métacognitifs qu'effectuaient les individus (Nelson, 1984) et de déterminer les mécanismes cognitifs à l'origine de ces jugements métacognitifs (voir pour revue Schwartz, 1994). A l'heure actuelle, l'attention est davantage portée sur les capacités de contrôle métacognitif ou comment les individus utilisent leurs connaissances et jugements métacognitifs pour mettre en place des stratégies efficaces permettant l'apprentissage et la récupération d'informations en mémoire dans des conditions optimales (Dunlosky & Hertzog,

1998, 2001 ; Dunlosky et al., 2005 ; Son & Metcalfe, 2000 ; Thiede & Dunlosky, 1999). Ainsi, comme les modèles métacognitifs précédemment décrits, les modèles rendant compte du fonctionnement de la métamémoire distinguent deux composantes appliquées au système mnésique : la première correspond aux processus d'évaluation permettant l'acquisition de connaissances métamnésiques, et la seconde correspond aux processus de contrôle permettant la régulation du comportement mnésique.

2.1. Modèle de Flavell et Wellman (1977)

La métamémoire, selon Flavell (1971), recouvre les connaissances des individus relatives à leur mémoire, ainsi que les informations et processus nécessaires à l'apprentissage, au maintien et à la récupération d'une information en mémoire. Dans ce contexte, Flavell et Wellman (1977) suggèrent l'existence de trois formes de connaissances métamnésiques : les connaissances concernant la personne, la tâche et les stratégies. Les connaissances portant sur la personne correspondent à un savoir général acquis au fil des expériences sur les capacités, les caractéristiques et les limites de sa propre mémoire. Les connaissances concernant la tâche portent sur la nature et les caractéristiques de la tâche de mémoire pouvant avoir une influence sur les performances (par exemple, savoir qu'une tâche de reconnaissance demande moins de ressources cognitives qu'une tâche de rappel libre car l'information sera perceptivement présente lors de la récupération, contrairement à une tâche de rappel libre). Ces connaissances permettent de porter des jugements sur la difficulté de la tâche et préparent en quelque sorte l'individu à initier un comportement adapté à la tâche à effectuer. Les connaissances portant sur les stratégies correspondent au savoir que l'individu a sur la relative efficacité des stratégies selon la nature de la tâche mnésique (par exemple, utiliser une stratégie de répétition pour mémoriser un numéro de téléphone en vue d'une utilisation immédiate, alors que l'apprentissage d'une règle grammaticale demandera l'élaboration d'un traitement plus profond en vue d'une utilisation durable). En plus de ces connaissances métamnésiques, ces auteurs suggèrent que les individus acquièrent au fil de leurs expériences une certaine sensibilité métamnésique qui leur permet de déterminer si une situation nécessite ou non l'initiation d'une activité mnésique et par conséquent la mise en place de stratégies pour l'apprentissage et/ou la récupération d'informations. Finalement, Flavell et Wellman (1977) suggèrent que le fonctionnement de la métamémoire repose sur l'interaction des connaissances métacognitives permettant ainsi la régulation des activités mnésiques. En outre,

les individus ont la capacité d'évaluer l'état de leur système mnésique pendant la réalisation d'une tâche, permettant ainsi de réguler leur comportement (par le maintien ou la modification de stratégies) et de parvenir à l'objectif fixé.

2.2. Modèle de Nelson et Narens (1990)

Le modèle métacognitif développé par Nelson et Narens (1990, 1994) est directement applicable au système mnésique (voir *Figure 3*). Le *meta-level* et l'*object-level* correspondent respectivement au niveau métamnésique et au niveau mnésique, avec les processus d'évaluation mnésique (*monitoring*) et les processus de régulation mnésique (*control*). Ces deux processus métamnésiques peuvent intervenir lors des différentes étapes d'une activité mnésique, tels que l'encodage, le stockage et la récupération de l'information. Dans le contexte d'une activité mnésique, le processus de *monitoring* permettra l'évaluation de différentes informations relatives aux connaissances générales que possède l'individu sur sa propre mémoire (*personal theory of retention*), l'état actuel de son apprentissage ou de sa récupération, et le niveau désiré de mémorisation à atteindre (*norm of study*). C'est à partir de ces informations que les processus de *control* interviendront par la mise en œuvre de stratégies permettant ainsi la régulation de l'activité mnésique. Par exemple, si le niveau de maîtrise de la tâche ne correspond pas aux objectifs de l'individu, l'apprentissage sera poursuivi soit en maintenant la stratégie déjà adoptée, soit en modifiant cette stratégie.

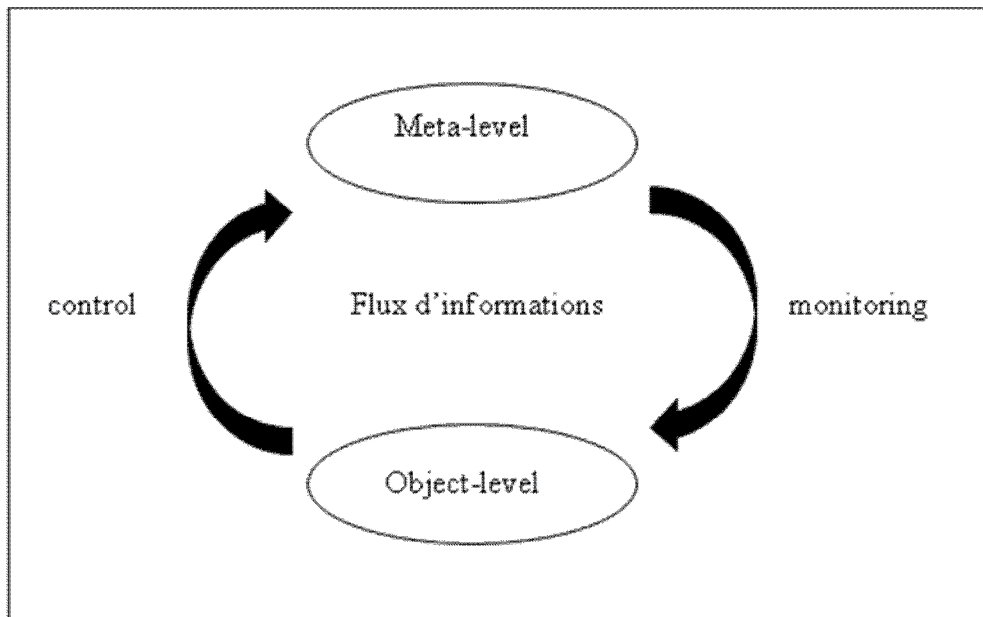


Figure 3 : Nelson et Narens (1990, 1994). Illustration de l'organisation hiérarchique du niveau métacognitif (meta-level), du niveau cognitif (object-level) et du flux d'informations entre les deux niveaux.

3. Fonctions de la métamémoire

Les modèles de métamémoire précédemment présentés distinguent ainsi deux types de fonctions métamnésiques : les connaissances métamnésiques et la régulation des processus de mémorisation. Dans la partie suivante, nous définirons ces fonctions métamnésiques ainsi que leurs modes d'opérationnalisation. Compte tenu de notre thématique nous mettrons davantage l'accent sur la régulation métamnésique.

3.1. Connaissances métamnésiques et opérationnalisation

Dans la littérature on distingue ainsi deux formes de connaissances métamnésiques : les connaissances métamnésiques générales et les connaissances on-line ou jugements métamnésiques. Les *connaissances métamnésiques générales* correspondent aux connaissances générales que l'individu possède et développe sur ses propres capacités mnésiques, sur les caractéristiques de la tâche et du matériel à mémoriser ainsi que sur les stratégies mnésiques à utiliser (Cavanaugh & Perlmutter, 1989 ; Flavell, 1979 ; Flavell & Wellman, 1977 ; Hultsch, Hertzog, Dixon, & Davidson, 1988 ; Nelson & Narens, 1990). Ce

savoir recouvre toutes les informations sur les facteurs, dont l'individu a conscience, qui pourraient avoir une influence sur la performance mnésique. Ainsi, selon la conception développée par Hertzog et ses collaborateurs (Hertzog, Hultsch, & Dixon, 1989 ; Hultsch et al., 1988), les connaissances relatives aux compétences mnésiques représentent une composante centrale de la métamémoire. Certains auteurs désignent ces connaissances sous l'expression *memory-self-efficacy* (Berry, West, & Dennehey, 1989 ; Dixon, 1989 ; Hertzog et al., 1989) et définies par Bandura (1989) comme les croyances de l'individu sur sa capacité à utiliser efficacement sa mémoire dans différentes situations. Les connaissances métamnésiques générales s'acquièrent au cours du développement et se renforcent au fil des expériences auxquelles l'individu est confronté tout au long de sa vie. Les connaissances métamnésiques évolueraient comme toute autre information contenue en mémoire à long terme et par conséquent, pourrait être affectées par les mêmes facteurs (par exemple, le contexte environnemental, l'âge ou les pathologies).

Les connaissances *on-line* ou jugements métamnésiques se rapportent aux connaissances sur l'état actuel de la mémoire au cours de la réalisation d'une activité mnésique. Au cours de cette activité, l'évaluation mnésique *on-line* ou *memory monitoring* (Hart, 1965 ; Nelson & Narens, 1990) permet la prise de conscience d'informations à un moment donné sur l'état mnésique, c'est-à-dire sur les processus mnésiques en cours d'exécution et les produits de ces processus. Par ce processus de *monitoring* mnésique, l'individu émet des jugements métamnésiques qui peuvent intervenir à chaque étape de la mémorisation, comme avant l'apprentissage, au cours de l'apprentissage, au cours de la recherche d'informations en mémoire et au moment de la restitution de l'information. Ces jugements permettent aux sujets d'évaluer différents paramètres pendant la réalisation de la tâche, comme la difficulté de la tâche, le niveau de maîtrise de cette tâche ou encore l'efficacité des stratégies adoptées. En résumé, cette évaluation mnésique *on-line* implique l'identification et l'examen des opérations mnésiques en cours, la vérification des progrès, l'évaluation de l'efficacité des opérations mentales et l'anticipation des résultats ultérieurs (Kluwe, 1987).

Deux méthodes sont utilisées pour explorer la métamémoire. Elles se distinguent par la présence ou l'absence d'une activité mnésique simultanée. Lorsque l'évaluation métamnésique n'est pas accompagnée d'une tâche de mémoire, on parle de mesures indépendantes. L'introspection est faite sur des tâches hypothétiques ou des expériences personnelles. Ces mesures indépendantes font référence aux questionnaires et permettent l'évaluation des connaissances métamnésiques générales. Le second mode

d'opérationnalisation correspond aux mesures simultanées ou concordantes et font référence aux jugements métamnésiques produits lors de la réalisation d'une tâche de mémoire. Elles permettent l'évaluation des capacités de *monitoring on-line*. Dans l'ensemble, ces deux méthodes d'opérationnalisation sont introspectives et impliquent une verbalisation de la part du sujet. Enfin, quel que soit le mode d'évaluation de la métamémoire, il semble essentiel de comparer la connaissance du sujet sur sa mémoire à sa performance effective. Cette comparaison permettra ainsi d'évaluer avec quelle précision l'individu envisage son fonctionnement mnésique.

3.1.1. Mesures indépendantes : questionnaires métamnésiques

Dans la littérature, il existe de nombreux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire mesurant les connaissances métamnésiques générales et portant sur des situations de la vie quotidienne (voir pour revue Gilewski & Zelinski, 1986). Les principales dimensions appréhendées dans ces questionnaires sont : le fonctionnement globale de la mémoire, la fréquence des oublis, la perception de l'évolution de la mémoire avec l'âge, les stratégies et les procédés mnémotechniques utilisés, la connaissance des lois et des principes qui régissent la mémoire, les exigences que l'environnement fait peser sur la mémoire, la signification personnelle attribuée aux troubles mnésiques, l'influence de certains facteurs sur la mémoire (comme le stress, l'anxiété, la fatigue, etc.) et l'effort entrepris contre l'oubli. L'évaluation mnésique subjective obtenue par les questionnaires, peut être mise en relation avec des performances mnésiques recueillies indépendamment lors d'une tâche de mémoire (évaluation mnésique objective). De la même manière, les réponses aux questionnaires d'auto-évaluation peuvent être comparées aux réponses fournies par un proche à une forme parallèle du même questionnaire. Dans les deux cas, la précision de l'auto-évaluation est appréciée en calculant un score de divergence soit entre l'auto-évaluation et les performances objectives, soit entre l'auto-évaluation et l'hétéro-évaluation.

3.1.2. Mesures simultanées : jugements métamnésiques

Les jugements métamnésiques produits au cours d'une activité mnésique permettent d'évaluer les capacités de *monitoring* mnésique *on-line*. Pour appréhender cette fonction métamnésique, il a donc été nécessaire de créer des tâches traduisant le processus de *monitoring* interne en des comportements qui puissent être empiriquement mesurés. Pour ce

faire, la méthode utilisée consiste à demander au sujet de prédire ses performances à une tâche de mémoire (test critère). Les jugements de performances sont ensuite comparés aux performances mnésiques effectives obtenues au test critère. La mesure de précision ainsi obtenue permet de déterminer si le sujet évalue avec justesse ses compétences mnésiques.

Prédictions globales

Les prédictions globales de performances mnésiques consistent à réaliser un jugement portant sur un ensemble d'items. Le sujet doit prédire sa performance de mémoire à un test ultérieur, avant (i.e., prédiction) ou après (i.e., postdiction) la réalisation de l'apprentissage. Ces prédictions nécessitent d'anticiper le processus de récupération future. Classiquement, on demande au participant d'indiquer le nombre de mots qu'il estime pouvoir rappeler à partir d'une liste donnée.

Prédictions item par item

Ces prédictions de performance mnésique consistent à réaliser un jugement sur chaque item de la tâche. On peut distinguer trois formes de jugements métamnésiques principalement utilisés dans la littérature (Koriat, 2007) : le *Judgment-Of-Learning* (JOL) ou jugement d'apprentissage, le *Feeling-Of-Knowing* (FOK) ou sentiment de savoir et le *Judgment-Of-Confidence* (JOC) ou jugement de confiance ou de certitude. Ces mesures permettent d'évaluer la fonction de *monitoring* mnésique *on-line*. Le JOL est une prédiction de rappel qui s'effectue pendant ou après l'apprentissage. Pour chaque item de la liste d'apprentissage, le sujet doit estimer avec quelle probabilité il pense pouvoir rappeler un item récemment appris. Le FOK est une prédiction de reconnaissance qui porte sur les items non récupérés lors de la phase de rappel. Le sujet doit estimer avec quelle probabilité il pense pouvoir reconnaître un item qu'il n'avait pas réussi à rappeler. Le JOC est un jugement qui intervient lors de la phase de récupération, c'est-à-dire lors d'un test de rappel ou de reconnaissance. Le sujet doit estimer avec quelle certitude il pense que la réponse donnée est exacte ou non.

3.2. Régulation mnésique

La fonction de régulation mnésique correspond à la capacité d'un individu à délibérément sélectionner et utiliser des stratégies (par exemple, l'allocation et la répartition

du temps et des efforts de traitement) lors d'une activité mnésique afin d'atteindre le but fixé. Dans ce contexte, on peut distinguer la connaissance des stratégies dont un individu dispose et la capacité à manipuler ces stratégies au cours de la réalisation d'une tâche de mémoire (Lawson, 1980 ; Nelson & Narens, 1990 ; Reder, 1988). La régulation rend ainsi compte de deux fonctions distinctes : la planification et le contrôle. La *planification* a lieu avant la réalisation de la tâche et assure la mise en place d'un plan d'action, elle dépendrait davantage des connaissances métacognitives. Le *contrôle* intervient en cours d'exécution de la tâche et permet le maintien ou la modification des stratégies mises en place, il dépendrait davantage des jugements métamnésiques. Ces fonctions de *planification* et de *contrôle* ont pour rôle principal la résolution de la tâche de mémoire dans des conditions optimales. Elles peuvent intervenir aux différentes étapes de la mémorisation. Par exemple, au moment de la phase d'apprentissage, le *contrôle* métamnésique permet de conserver, modifier ou stopper les stratégies mises en place selon le niveau d'intégration de l'information. De la même manière au moment du rappel, il s'agira d'initier, de maintenir ou de stopper les stratégies nécessaires à la recherche d'informations en mémoire. Chacune de ces décisions prises lors de l'activité mnésique, sont issues des jugements faits sur l'état du système mnésique. Dans ce cadre, de nombreuses études ont montré que les jugements métamnésiques influençaient les processus de *contrôle* (Barnes, Nelson, Dunlosky, Mazzoni, & Narens, 1999 ; Mazzoni & Cornoldi, 1993 ; Thiede & Dunlosky, 1999 ; pour revue voir Son & Metcalfe, 2000). Globalement, les résultats suggèrent que selon le degré de connaissance (JOL) ou de sentiment de connaître une information (FOK), l'individu accordera plus ou moins de temps à l'apprentissage ou à la recherche de cette information (Barnes et al., 1999 ; Mazzoni, 1999 ; Mazzoni & Cornoldi, 1993 ; Schwartz, 2001 ; Souchay & Isingrini, 2004a). De nombreuses théories ont tenté de rendre compte de cette relation étroite et dynamique entre jugements métamnésiques et processus de *contrôle*. Parmi celles-ci, on peut citer l'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988) que nous avons précédemment présentée, *the discrepancy-reduction model* (Dunlosky & Hertzog, 1998) ou encore *the region-of-proximal-learning* (Metcalfe & Kornell, 2005) que nous présentons ci-dessous.

3.2.1. Modèle de Dunlosky et Hertzog (1998) : the discrepancy-reduction

Ce modèle permet de rendre compte de la relation causale entre les jugements métamnésiques et les processus de contrôle impliqués dans la gestion du temps d'apprentissage. Selon ce modèle, les individus en cours d'apprentissage, évaluent le niveau

de connaissance d'une information en le comparant à un seuil hypothétique d'apprentissage désiré, qui constitue en quelque sorte une norme d'apprentissage (i.e., *norm of study*). L'étude des informations est ainsi poursuivie tant que la maîtrise de la tâche ne correspond pas à la norme d'apprentissage fixée. Au contraire, dès que la maîtrise de la tâche correspond à la norme d'apprentissage, c'est-à-dire lorsque les informations semblent acquises, alors l'étude est stoppée car jugée comme n'étant plus nécessaire. Les jugements métamnésiques remplissent ainsi un rôle central dans cette conception, puisqu'ils représentent une source d'informations indispensables à l'initiation et/ou au maintien des processus de contrôle pour la résolution de la tâche de mémoire. De nombreuses études ont testé cette hypothèse à l'aide de protocoles où les sujets doivent gérer eux-mêmes leur temps d'étude (i.e., *study-time allocation paradigm* ou *paradigme d'allocation du temps d'apprentissage*). Typiquement, les sujets évaluent dans un premier temps, le degré de facilité avec lequel ils pensent pouvoir apprendre des items, puis étudient chacun de ces items aussi longtemps qu'ils le souhaitent. Généralement, les items jugés difficiles à apprendre sont étudiés plus longtemps que les items jugés faciles à apprendre (Cull & Zechmeister, 1994 ; Finn, 2008 ; Thiede, Anderson, & Theriault, 2003 ; Thiede & Dunlosky, 1999 ; pour revue voir Son & Metcalfe, 2000). Ces résultats semblent confirmer le modèle de Dunlosky et Hertzog (1998) puisque les individus accordent plus de temps aux items jugés difficiles car certainement plus éloignés du niveau de maîtrise attendu et fixé par la norme d'apprentissage, que ne le sont les items jugés faciles. Toutefois, les jugements concernant le degré de difficulté d'apprentissage d'informations ne semblent pas être la seule source d'information permettant la gestion du temps d'étude, d'autres facteurs semblent également intervenir dans cette relation complexe entre le *monitoring* mnésique et les processus de contrôle.

Contrairement au modèle de Dunlosky et Hertzog (1998), suggérant que les individus choisissent toujours de privilégier et d'accorder plus de temps à l'étude des items mal assimilés, Thiede et Dunlosky (1999) proposent que les individus organiseraient leur apprentissage selon une certaine hiérarchie qui ne donnerait pas toujours la priorité aux items jugés les moins bien connus. Ainsi, dans certaines circonstances, les sujets choisissent d'étudier prioritairement les items jugés plus faciles et de leur accorder plus de temps. Dans ce contexte, il semblerait que les individus suivent une stratégie complexe qui leur permettrait, soit de favoriser la consolidation d'informations déjà bien maîtrisées, soit de favoriser l'apprentissage de nouvelles informations en concentrant davantage leurs efforts sur des items jugés difficiles.

Son et Metcalfe (2000) ont confirmé cette interprétation en montrant qu'en fonction des contraintes temporelles du contexte d'apprentissage, les individus n'accordaient pas toujours plus de temps aux items jugés difficiles. Globalement, ces auteurs ont réalisé trois expériences où les sujets devaient à la fois estimer la difficulté des items à apprendre et le degré d'intérêt qu'ils leur portaient. Ils avaient également l'opportunité de choisir d'étudier autant de fois qu'ils le désiraient certaines informations plus que d'autres, en d'autres termes même si un item avait déjà été étudié les sujets pouvaient revenir sur cet item plutôt que d'en étudier de nouveaux. Dans chacune des expériences, les sujets pouvaient organiser leur temps d'étude, mais un temps total d'apprentissage était imposé permettant d'examiner l'effet d'une contrainte temporelle. Ainsi, dans une expérience, la contrainte temporelle était faible, c'est-à-dire que les sujets disposaient de plus de temps que nécessaire pour l'apprentissage de l'ensemble des items. Dans les deux autres expériences, la contrainte temporelle était soit modérée, le temps total imposé était juste suffisant pour l'apprentissage de l'ensemble des items, soit élevée et le temps imposé était alors insuffisant pour réaliser l'apprentissage dans sa totalité. Globalement, les résultats montrent que l'organisation du temps d'étude est différente selon la contrainte temporelle imposée aux sujets. Ainsi, dans les situations de contrainte temporelle élevée, les sujets privilégient et accordent plus de temps à l'étude des mots jugés faciles et intéressants. Au contraire, lorsque la contrainte temporelle est faible, les sujets privilégient et accordent plus de temps à l'étude des mots jugés difficiles et moins intéressants. La contrainte temporelle représenterait un des facteurs contribuant à la gestion des processus de contrôle. Dans des situations de temps restreint, accorder plus de temps à l'étude d'informations jugées difficiles serait considéré comme une perte de temps, plutôt que de concentrer les efforts sur des informations jugées faciles qui pourraient davantage bénéficier du peu de temps dont dispose un individu. Ces conclusions suggèrent que d'autres facteurs que le jugement de difficulté, sur lequel le modèle de Dunlosky et Hertzog (1998) était principalement fondé, influencent les comportements stratégiques en mémoire, rendant ainsi compte d'une relation hautement complexe entre le *monitoring* mnésique et les processus de contrôle.

3.2.2. Modèle de Metcalfe & Kornell (2005) : the region-of-proximal-learning

Le modèle de la zone proximale d'apprentissage (i.e., *the region-of-proximal-learning model*, Metcalfe & Kornell, 2005) reprend la notion de jugement de difficulté comme facteur influençant les processus de contrôle. Selon ce modèle, la première chose que les individus

font lorsqu'ils sont confrontés à une tâche de mémoire est d'identifier les informations suffisamment assimilées, en vue de les exclure d'un futur apprentissage. En d'autres termes, l'exclusion de ces informations jugées faciles permettra alors aux individus de focaliser leurs efforts et d'accorder plus de temps aux informations qui le nécessitent vraiment, celles jugées difficiles. Les auteurs approfondissent cette interprétation en proposant que lorsque les items jugés faciles ont été exclus, les individus identifient de nouveau, parmi les items restants, ceux qu'ils jugent plus faciles à apprendre car susceptibles de bénéficier davantage des efforts fournis. Cette conception, selon laquelle les individus choisissent d'étudier prioritairement une information jugée facile donc plus propice au succès, constitue la zone proximale d'apprentissage selon Metcalfe et Kornell (2005). Cette notion de zone proximale d'apprentissage offre un cadre théorique cohérent pour l'interprétation des résultats obtenus par Thiede et Dunlosky (1999). En effet, selon la contrainte temporelle rencontrée, les individus mobiliseront plus de ressources et de temps soit pour l'apprentissage des items jugés difficiles, soit pour l'apprentissage des items jugés faciles, et ceci dans le but de bénéficier au mieux des efforts fournis. Ainsi, les individus choisiront plutôt d'étudier des items jugés difficiles, donc nécessitant plus de temps et de ressources cognitives, essentiellement dans les situations où la pression temporelle est faible, c'est-à-dire lorsque le temps n'est pas ou peu limité (Metcalfe, 2002 ; Metcalfe & Kornell, 2005). Compte tenu de certaines contraintes (e.g., la difficulté de la tâche et/ou le temps disponible), il s'agit de tirer parti au mieux de ses propres compétences. Dans ce contexte, la notion de zone proximale d'apprentissage est relative et spécifique aux compétences de chaque individu. Ainsi, un individu expert maîtrisera mieux qu'un individu novice l'étude d'informations propres à son domaine, donc jugées facilement assimilables, et mobilisera dès lors davantage d'efforts et de temps pour l'étude d'informations jugées plus difficiles.

Conclusion

En résumé, ces deux modèles rendent compte d'une part de critères (i.e. degré de difficulté et/ou temps disponible) sur lesquels se basent les individus pour organiser leur apprentissage, et d'autre part intègrent une notion de maîtrise de la tâche à effectuer à partir de laquelle les individus décident de stopper ou continuer leur apprentissage. En ce qui concerne le modèle de Dunlosky et Hertzog (i.e., *the discrepancy-reduction model*, 1998), les informations jugées difficiles sont étudiées prioritairement jusqu'à ce qu'elles atteignent un niveau de maîtrise correspondant à la norme d'apprentissage établie par l'individu. Or, cette

conception soulève un problème d'ordre pratique puisque dans ce contexte, un individu pourrait accorder un temps déraisonnablement long à l'étude d'un item jugé difficile au détriment des items jugés plus faciles et par conséquent, au détriment de la progression de la tâche à effectuer dans sa totalité. Au contraire, le modèle de la zone proximale d'apprentissage (Metcalf & Kornell, 2005) suggère que les individus étudient en priorité les informations jugées faciles, celles-ci nécessitant peu de temps et peu d'efforts. Puis, les individus mobiliseront leurs efforts et leur temps d'étude sur des informations jugées plus difficiles, à la condition qu'ils aient le sentiment de progresser dans la tâche à effectuer. Ainsi, lorsque des informations sont jugées trop difficiles à étudier, les individus peuvent décider de stopper rapidement leur apprentissage car ces informations ne bénéficieraient pas suffisamment du temps et des ressources cognitives mobilisés. Par conséquent, la progression de la tâche à effectuer en pâtirait.

4. Méta-mémoire et vieillissement

4.1. Questionnaires méta-mnésiques

Dans le cadre de l'évaluation des connaissances méta-mnésiques générales des personnes âgées, deux questionnaires ont été principalement utilisés : le *Metamemory In Adulthood* (MIA, Dixon & Hultsch, 1983) et le *Memory Functioning Questionnaire* (MFQ, Gilewski & Zelinski, 1988). Plusieurs études ne rapportent pas d'effet d'âge sur les échelles évaluant ces connaissances (Cavanaugh & Poon, 1989 ; Hertzog et al., 1989 ; Loewen, Shaw, & Craik, 1990). Elles ont en revanche révélé que les sujets âgés disaient utiliser davantage de stratégies externes que les sujets jeunes, comme utiliser des pense-bêtes, noter des informations sur un agenda, etc. Ils disaient également utiliser moins de stratégies internes, comme organiser les informations, faire des images mentales, etc. (voir pour revue Bouazzaoui, Isingrini, Fay, Angel, Vanneste, Clarys, & Taconnat, sous presse). Ces réponses témoignent d'une relative prise de conscience, chez les adultes âgés, de leur difficulté à utiliser des stratégies internes. En effet, des différences liées à l'âge ont été observées sur les échelles mesurant la perception des sujets concernant leurs capacités mnésiques. Les sujets âgés perçoivent leurs compétences mnésiques moins efficaces que celles des sujets jeunes (Cavanaugh & Poon, 1989 ; Hertzog et al., 1989 ; Hultsch et al., 1987 ; McDonald-Miszczak, Hertzog, & Hultsch, 1995) et ont également tendance à rapporter davantage d'oublis

(Cavanaugh & Poon, 1989 ; Hertzog et al., 1989 ; Hultsch et al., 1987 ; Marquié & Huet, 2000 ; Reese & Cherry, 2006).

4.2. Jugements métamnésiques

4.2.1. Prédictions globales

Dans le cadre des études sur le vieillissement, les prédictions globales de performance ont été le plus fréquemment utilisées pour évaluer les jugements métamnésiques sur des tâches de rappel libre (Hertzog & Dixon, 1994 ; Hertzog & Hultsch, 2000). Dans l'ensemble, les prédictions de rappel des sujets âgés sont équivalentes à celles des sujets jeunes (Bieman-Copland & Charness, 1994 ; Bruce, Coyne, & Botwinick, 1982 ; Perlmutter, 1978 ; Matvey, Dunlosky, Shaw, Parks, & Hertzog, 2002 ; Rabinowitz, Ackerman, Craik, & Hinchley, 1982). Cependant, les données concernant les précisions de ces prédictions sont plus contradictoires. Certaines études montrent un effet de l'âge sur cette mesure (Lachman, Lachman, & Thronesberry, 1979 ; Matvey et al., 2002 ; Perlmutter, 1978 ; Rabinowitz et al., 1982), alors que d'autres suggèrent l'inverse (Bieman-Copland & Charness, 1994 ; Bruce et al., 1982 ; Murphy, Sanders, Gabrielseski, & Schmitt, 1981 ; Woo, Schmitter-Edgecombe, & Fancher, 2008). Les sujets jeunes auraient tendance à sous-estimer leurs performances tandis que les sujets âgés auraient plutôt tendance à les surestimer. Cette imprécision des prédictions serait principalement liée à une mauvaise appréciation de la difficulté de la tâche (Shaw & Craik, 1989). Concernant la précision des postdictions, aucun effet du vieillissement n'a été observé (Connor, Dunlosky, & Hertzog, 1997 ; Devolder, Brighma, & Pressley, 1990 ; Hertzog, Saylor, Fleece, & Dixon, 1994 ; Lineweaver & Hertzog, 1998). Par ailleurs, lorsque les sujets réalisent des prédictions et des postdictions au cours d'une même tâche, les deux groupes d'âge améliorent significativement la précision de leurs prédictions de la phase de pré-apprentissage à la phase de post-apprentissage (Connor et al., 1997 ; Devolder et al., 1990 ; Hertzog et al., 1994 ; Lineweaver & Hertzog, 1998). Ces différences entre prédiction et postdiction peuvent être interprétées comme un effet du processus de *monitoring* mnésique réalisé lors de l'apprentissage, en ce sens où les sujets effectuent une première recherche en mémoire et utilisent les indices à disposition pour adapter leur postdiction (Connor et al., 1997). De plus, les sujets jeunes comme les sujets âgés augmenteraient la précision de leur

prédiction au fil des essais (Hertzog, Dixon, & Hultsch, 1990; Hertzog et al., 1994) et seraient également sensibles à la manipulation de la profondeur de traitement à l'encodage (Bieman-Copland & Charness, 1994). Les prédictions reflèteraient alors en partie les connaissances métamnésiques générales, relatives aux variables pouvant influencer les performances. Globalement, ces travaux indiquent que les sujets âgés sont sensibles aux processus opérant pendant l'encodage et présentent des capacités de *monitoring* mnésique préservées.

4.2.2. Prédictions items par items

Plusieurs travaux ont examiné les effets du vieillissement sur la précision des jugements métamnésiques rétrospectifs lors de la récupération d'information (JOC, *Judgments-of-Confidence*), prospectifs lors de l'encodage (JOL, *Judgments-of-Learning*) et lors de la recherche d'information en mémoire (FOK, *Feeling-of-Knowing*).

Judgments-Of-Confidence

Concernant les jugements de certitude en mémoire sémantique, plusieurs études ont montré que les sujets âgés étaient aussi précis voire parfois plus, que les sujets jeunes pour évaluer l'exactitude de leurs réponses (Bäckman & Karlsson, 1985 ; Lachman et al., 1979 ; Perlmutter, 1978). En ce qui concerne la mémoire épisodique, les résultats quant aux effets de l'âge sont moins unanimes. Kelley et Sahakyan (2003) ont observé que les sujets âgés étaient moins précis que les sujets jeunes pour estimer la certitude de leurs réponses lorsque le matériel à mémoriser induit de nombreux faux rappels. La tâche consistait en un apprentissage de paires de mots dont la moitié pouvait induire de faux rappels, suivi d'une phase de rappel indicé forcé où le sujet devait donner une réponse pour chaque indice présenté avec trois lettres appartenant au mot cible. De la même manière, Pansky, Goldsmith, Koriat, et Pearlman-Avni (2009) ont observé que les sujets âgés étaient moins précis que les sujets jeunes pour évaluer l'exactitude de leurs réponses concernant des détails spécifiques relatifs à la projection de diapositives. Ces résultats suggèrent que le déficit de la précision du JOC épisodique observé chez les sujets âgés dans ces deux études, pourrait être lié à la difficulté d'encoder des détails contextuels liés à la cible et/ou à la difficulté de récupérer ces indices contextuels (mais voir Hines, Touron, et Hertzog, 2009 pour des résultats différents). En résumé, les différents travaux semblent indiquer que la précision des jugements métamnésiques rétrospectifs est préservée en mémoire sémantique, tandis que celle évaluée en mémoire épisodique semble altérée sous certaines conditions.

Judgments-Of-Learning

Dans l'ensemble, les études portant sur les jugements métamnésiques au cours de l'apprentissage révèlent une absence de différence liée à l'âge sur la précision du JOL (Connor et al., 1997 ; Dunlosky & Hertzog, 2000 ; Hertzog et al., 2002 ; Hines et al., 2009 ; Matvey et al., 2002 ; Robinson, Hertzog, & Dunlosky, 2006). Par ailleurs, les sujets jeunes et âgés améliorent la précision de leurs JOL lorsqu'ils sont effectués après un délai (Connor et al., 1997 ; Dunlosky & Connor, 1997), lorsque la consigne d'apprentissage incite à générer des images mentales (Rabinowitz et al., 1982) ou lorsque le lien sémantique entre l'indice et la cible est élevé (Hertzog et al., 2002 ; Rabinowitz et al., 1982). Globalement, la capacité des sujets âgés à évaluer le degré d'apprentissage d'une information semble épargnée.

Feeling-Of-Knowing

Les jugements de FOK sont évalués soit au cours d'une tâche de mémoire sémantique, soit au cours d'une tâche de mémoire épisodique. Dans les paradigmes de FOK en mémoire sémantique, les jugements sont réalisés sur des informations de connaissance générale (Hart, 1965, 1967a ; Izaute, Larochelle, Morency, & Tiberghien, 1996 ; Nelson, Leonesio, Landwehr, & Narens, 1986). Dans les paradigmes de FOK en mémoire épisodique, les jugements portent sur des informations encodées lors d'une phase préalable (Blake, 1973 ; Hart, 1967b ; Nelson, Leonesio, Shimamura, & Landwehr, 1982 ; Schacter, 1983 ; Souchay et al., 2000). Concernant les jugements de FOK en mémoire sémantique, de nombreux travaux ont montré que les sujets âgés étaient aussi précis que les sujets jeunes pour estimer leur performance de reconnaissance (Allen-Burge & Storandt, 2000 ; Douchemane, Isingrini, & Souchay, 2007 ; Marquié & Huet, 2000 ; Souchay, Moulin, Clarys, Taconnat, & Isingrini, 2007). En revanche, les études sur la précision du FOK en mémoire épisodique ont mis en évidence un effet significatif de l'âge, indiquant que les sujets âgés prédisent avec une moins bonne précision leur performance de reconnaissance pour des informations récemment apprises (Douchemane et al., 2007 ; Perrotin, Isingrini, Souchay, Clarys, & Taconnat, 2006 ; Souchay et al., 2000, 2007). Globalement, Souchay et collaborateurs (2007) suggèrent que l'effet de l'âge observé spécifiquement sur la précision du FOK épisodique serait lié au degré de récupération contrôlée de l'information en mémoire, en ce sens que les tâches de FOK épisodique impliqueraient davantage que les tâches de FOK sémantique la récupération des informations contextuelles en lien avec la cible et sur lesquelles se basent les jugements de FOK.

4.3. Régulation mnésique

Comme nous l'avons précédemment indiqué, la notion de régulation dans les modèles de métamémoire renvoie aux processus cognitifs permettant la gestion des stratégies mnésiques. Ces processus se rapportent à la planification du comportement et au contrôle de ce comportement lors de sa réalisation. Ainsi, la planification concerne la mise en place de plans d'actions permettant la réalisation de la tâche, tandis que le contrôle permet d'évaluer l'efficacité du plan adopté et d'en changer si nécessaire durant la réalisation de la tâche. La gestion des stratégies mnésiques regroupe donc un ensemble de processus pouvant intervenir lors de l'encodage et/ou de la récupération et offrant la possibilité au sujet d'optimiser sa performance.

Dans le cadre du vieillissement normal, le principal objectif des études sur les processus de contrôle métamnésique est de déterminer si les sujets âgés présentent un déficit de l'initiation et de la gestion des stratégies mnésiques, et si ce dernier représente un facteur explicatif de leur déclin en mémoire épisodique. Dans ce contexte, un certain nombre de travaux ont montré que le vieillissement s'accompagnait d'un déficit du contrôle métamnésique. A l'aide d'une procédure permettant aux sujets de gérer eux-mêmes le temps d'étude de chaque item en vue d'assurer le meilleur niveau de performance dans une tâche de rappel, Murphy et al. (1981) ont montré que les sujets âgés passaient moins de temps que les sujets jeunes à étudier une liste d'items. Par ailleurs, Sanders, Murphy, Schmitt et Walsh (1980) ont observé à l'aide d'une liste de mots catégorisables que les sujets jeunes utilisaient une stratégie d'apprentissage sériel en début de liste, puis adoptaient une stratégie de regroupement par catégories lors de la progression de l'apprentissage. Au contraire, les sujets âgés ne changeaient pas de stratégie au cours de la tâche et utilisaient essentiellement une stratégie d'apprentissage sériel. Ces résultats suggèrent que les personnes âgées présentent des difficultés dans la gestion de leur apprentissage car ils ne modifient pas leurs stratégies en cours de tâche.

Ce profil de performances est confirmé par l'étude de Souchay et Isingrini (2004a) indiquant que les sujets âgés n'ajustent pas leurs stratégies d'apprentissage selon la difficulté de la tâche. Dans cette expérience, les participants jeunes et âgés devaient retenir puis rappeler des mots de listes dont la longueur variait (i.e., 7, 9 et 11 mots). Ils étaient soumis à cette tâche selon deux conditions. L'une dans laquelle ils géraient eux-mêmes, conformément à la consigne, la durée de présentation et le nombre de répétitions pour chaque mot (apprentissage autogéré). La seconde, dans laquelle le temps et le nombre de répétitions

étaient imposés par l'expérimentateur (apprentissage imposé). Le contraste de la condition autogérée et de la condition imposée permettait de mesurer le bénéfice que les sujets tiraient d'une condition dans laquelle ils pouvaient optimiser leurs stratégies d'apprentissage. La mesure de contrôle métamnésique retenue correspondait à la proportion d'augmentation du temps d'étude et du nombre de répétitions avec les listes de 9 et 11 mots par rapport à la liste de 7 mots. Plus cet indice était élevé pour un sujet donné et plus cela indiquait que ce sujet avait pris en compte le fait que retenir 9 et 11 mots par rapport à 7 mots impliquait d'augmenter le temps d'étude et le nombre de répétitions de chaque mot. Cette mesure de contrôle métamnésique représentait un indice d'ajustement des stratégies (i.e., temps d'étude et nombre de répétitions) à la difficulté de la tâche de mémoire. Les résultats de l'expérience ont mis en évidence un effet significatif de l'âge sur le temps d'apprentissage et le nombre de répétitions, indiquant que les sujets âgés, quelle que soit la longueur de la liste, étudiaient moins longtemps et répétaient moins les mots que les sujets jeunes. Un effet significatif de l'âge sur l'indice d'ajustement à la difficulté montrait également que les sujets âgés augmentaient moins que les sujets jeunes leur temps d'étude et le nombre de répétitions lorsque la difficulté de la tâche augmentait. Enfin, une interaction significative entre le facteur âge et la condition d'apprentissage sur les performances en mémoire (i.e., nombre de mots rappelés) indiquait que les sujets âgés bénéficiaient moins que les sujets jeunes de la condition d'apprentissage autogéré. Ces données sont compatibles avec l'idée que le vieillissement s'accompagne d'un déficit du contrôle métamnésique.

Dunlosky et Hertzog (1997) ont rapporté des résultats proches, indiquant que les sujets âgés par rapport aux sujets jeunes, n'adaptaient pas aussi bien leur temps d'étude à la difficulté perçue des mots à apprendre. Dans leur expérience, les sujets apprenaient une liste de paires de mots d'associés et effectuaient un jugement d'apprentissage pour chaque paire d'items après un certain délai (i.e., *delayed JOL*). A la fin de l'apprentissage et lorsque les participants avaient effectué la totalité des JOL sur chacune des paires de mots associés, on les soumettait à une tâche de rappel indicé. Enfin, ils effectuaient un nouvel apprentissage de la même liste de paires d'items en condition autogérée. Selon l'hypothèse du *monitoring-affects-control*, les auteurs supposaient qu'une utilisation adaptée du *monitoring* mnésique, mesuré par les *delayed JOL*, impliquerait une corrélation négative entre les JOL et le temps d'étude utilisé lors du deuxième apprentissage. En ce sens que les participants devraient accorder plus de temps à l'étude des paires d'items qui étaient jugées les moins bien apprises, rendant ainsi compte d'une utilisation optimale des jugements métamnésiques pour adapter en conséquence les stratégies de temps d'apprentissage. Les sujets âgés présentaient une

précision équivalente à celle des sujets jeunes concernant les jugements métamnésiques (*delayed JOL*). En revanche, la corrélation entre le temps d'apprentissage et les jugements métamnésiques obtenue chez les sujets âgés était plus faible que celle obtenue chez les sujets jeunes. Ces résultats suggèrent qu'en dépit de la capacité à juger précisément l'état d'un apprentissage, les sujets âgés semblent éprouver des difficultés à utiliser leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies de temps d'étude. Ces auteurs proposent deux interprétations possibles. La première rend compte de la difficulté des sujets âgés à spontanément mettre en place la meilleure stratégie de temps pour l'étude des items jugés moins bien appris, tandis que la seconde considère que les sujets âgés accorderaient davantage de temps à la répétition des items déjà appris afin de les maintenir en mémoire, et ceci au détriment des items moins bien assimilés qui nécessiteraient surtout la mobilisation des ressources cognitives.

Néanmoins, d'autres études ayant examiné l'effet de l'âge sur le contrôle métamnésique rapportent des résultats plus nuancés. En effet, dans certaines circonstances les adultes âgés auraient la capacité d'augmenter leur temps d'apprentissage dans les mêmes proportions que les sujets jeunes et pourraient également tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter certaines stratégies d'apprentissage. Ainsi, dans l'étude de Murphy et al. (1981), les sujets âgés pouvaient augmenter leur temps d'étude lorsqu'on leur demandait de le faire. Dans ce cadre, Hulstsch (1969) suggérait déjà que les différences liées à l'âge apparaissaient lorsque peu d'informations concernant la stratégie mnésique à utiliser pour réaliser la tâche étaient fournies et qu'apporter aux sujets âgés une stratégie d'apprentissage contribuait fortement à augmenter leurs performances en mémoire. Ces résultats ont été confirmés par une autre étude de Murphy, Schmitt, Caruso, et Sanders (1987) indiquant que lorsque les sujets avaient pour consigne d'évaluer la qualité de leur apprentissage lors de la réalisation de la tâche, la différence de temps d'étude entre les sujets jeunes et âgés n'était plus significative. Le même profil de résultats était obtenu lorsqu'on évaluait le nombre de répétitions effectuées par item à l'encodage. Ainsi, les sujets jeunes effectuaient davantage de répétitions que les sujets âgés, mais lorsque la consigne incitait à tester la qualité de l'apprentissage des items lors de la réalisation de la tâche, la différence liée à l'âge sur le nombre de répétitions n'était plus significative. Par ailleurs, Dunlosky, Kubat-Silman, & Hertzog (2003) ont examiné la capacité des sujets âgés à bénéficier d'un entraînement à auto-évaluer la qualité de leur apprentissage et à utiliser des stratégies mnésiques en condition de temps bloqué et de temps autogéré. Le déroulement de l'expérience se répartissait en deux phases, une phase de pré-entraînement et une phase de

post-entraînement. Trois groupes expérimentaux de sujets âgés ont effectué cette expérience. Deux groupes ont reçu un entraînement et un autre faisait office de groupe contrôle. Pour l'un des deux premiers groupes, l'entraînement consistait à apprendre aux sujets à utiliser des stratégies mnésiques (e.g., élaboration de phrases et d'images). Pour l'autre groupe, le même entraînement était complété par des exercices d'auto-évaluation portant sur l'accessibilité en mémoire des items, et ceci en vue de les instruire sur la nécessité de sélectionner des items non assimilés pour un nouvel apprentissage ou un apprentissage plus approfondi. Les résultats de l'expérience ont mis en évidence qu'en condition de temps bloqué les sujets ne bénéficiaient d'aucun type d'entraînement pour améliorer leurs performances en mémoire. En revanche, en condition de temps autogéré le groupe ayant été entraîné à utiliser des stratégies mnésiques augmentait ses performances en mémoire de 10% et lorsque cet entraînement était complété par des exercices d'auto-évaluation les performances augmentaient de 25%.

Globalement, l'ensemble de ces résultats suggèrent que les personnes âgées éprouvent à la fois des difficultés au niveau de la planification, c'est-à-dire dans la mise en place de plans d'actions pour la réalisation de la tâche (i.e., savoir qu'une liste de 11 mots nécessite plus de temps d'étude qu'une liste de 7 mots), et au niveau du contrôle puisqu'elles éprouvent également des difficultés à modifier leurs stratégies en fonction de leurs propres jugements métamnésiques durant la réalisation de la tâche. Néanmoins, il semblerait que cette différence liée à l'âge sur les processus de contrôle métamnésique puisse être réduite voire éliminée, si on incite les adultes âgés à se servir de stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies. Ces difficultés, que présentent les personnes âgées à adapter spontanément leurs stratégies mnésiques à la nature de la tâche et/ou à leurs propres jugements métamnésiques, pourraient en partie s'expliquer par l'hypothèse exécutivo-frontale.

5. Métamémoire et fonctionnement exécutif

L'hypothèse exécutivo-frontale de l'effet du vieillissement sur les processus métamnésiques prédit que le déficit exécutif des sujets âgés pourrait être un facteur explicatif pertinent du déclin métamnésique lié à l'âge. En effet, comme nous l'avons développé précédemment, il apparaît de plus en plus que la prise en compte des processus métamnésiques soit d'un intérêt majeur pour la compréhension du fonctionnement de la mémoire humaine et de ses altérations. Ainsi, certains auteurs admettent qu'un déficit des

composantes métamnésiques (e.g., *monitoring, contrôle ou relation monitoring-contrôle*) puisse déboucher sur des dysfonctionnements de la mémoire aussi importants que ceux entraînés par un déficit touchant directement les opérations spécifiques de la mémoire (Metcalfé, 1993), en ce sens que la métamémoire peut être définie comme système de contrôle ou de régulation du fonctionnement mnésique (Fernandez-Duque, Baird, & Posner, 2000 ; Souchay et al., 2000). Dans ce cadre, il devient important de déterminer la relation que la métamémoire entretient avec les fonctions exécutives, et d'un point de vue neuropsychologique avec le système stratégique frontal (Moscovitch, 1992 ; 2008). L'hypothèse exécutivo-frontale qui suppose que le dysfonctionnement exécutif médiatise l'effet de l'âge sur les processus métamnésiques repose d'une part, sur l'observation de patients atteints de lésions frontales ou de patients atteints de démence associée à un dysfonctionnement exécutivo-frontal et d'autre part, sur l'altération des régions frontales liée à l'âge et entraînant un dysfonctionnement exécutif.

5.1. Questionnaires métamnésiques

L'auto-évaluation de la mémoire par un individu permet d'examiner ce que Flavell (1979) désigne sous le terme de connaissances relatives à la personne, c'est-à-dire celles correspondant aux croyances que l'individu possède sur ses propres compétences mnésiques ainsi que sur celles d'autrui et de l'évolution de ses compétences. En neuropsychologie, ce type de questionnaires permet d'examiner, entre autres choses, le degré d'anosognosie amnésique, ce que l'on définit comme l'absence de conscience des troubles de la mémoire. Ainsi, ces questionnaires ont un champ d'investigation qui va au-delà du champ strict de la mémoire. Ils sont également des outils d'évaluation du degré de l'anosognosie amnésique et de la métamémoire (Feher, Mahurin, Inbody, Crook, & Pirozzolo, 1991 ; Godfrey, Partidge, Knight, & Bishara, 1993). L'anosognosie a été décrite la première fois par Babinski (1914) pour rendre compte d'un défaut de prise de conscience par un de ses patients cérébro-lésés de ses déficits neurologiques et/ou neuropsychologiques. Depuis, d'autres cas cliniques et d'autres études ont permis de mieux définir ce trouble et de comprendre son origine. A partir d'une revue de littérature centrée sur les pathologies en lien avec la prise de conscience de soi, McGlynn et Schacter (1989) distinguent deux types d'anosognosie qui dépendent des zones cérébrales lésées et de la nature des symptômes. La première forme d'anosognosie est dite pariétale car elle est généralement la conséquence de lésions cérébrales des régions

postérieures ou basales. Cette anosognosie a pour symptôme une méconnaissance totale, souvent temporaire, du dommage cérébrale ainsi que des troubles associés. L'information sur la pathologie n'est pas intégrée et pour l'individu, le déficit n'existe pas car sa conscience n'a pas été renseignée. La seconde forme d'anognosie est dite frontale car elle est associée à une lésion du cortex préfrontal et se traduit plutôt par une méconnaissance partielle. L'individu connaît l'existence du trouble mais n'est pas capable d'en évaluer les multiples conséquences sur le comportement. L'anognosie frontale est en quelque sorte l'expression d'un mauvais jugement immédiat et prospectif du handicap ou de l'incapacité liée au trouble. Par exemple, un individu présentant des lésions du cortex préfrontal peut savoir qu'il présente des troubles mnésiques sans pouvoir en apprécier l'impact ou les répercussions dans sa vie quotidienne (Lhermitte, Desrouesne, & Signoret, 1972). Différentes études ont mis en évidence des corrélations anatomo-cliniques entre les lésions frontales et une mauvaise conscience des troubles mnésiques ou des troubles du contrôle du comportement (Prigatano, 1991 ; Stuss & Benson, 1986). De façon intéressante, Bouazzaoui, Isingrini, Fay, Angel, Vanneste, Clarys, & Taconnat (2010) ont montré que la diminution de l'utilisation de stratégies internes était directement liée au déclin des fonctions exécutives. En résumé, ces anomalies semblent refléter un certain lien entre les régions frontales et les connaissances que nous possédons sur notre mémoire ou sur les informations y étant stockées ainsi que sur les caractéristiques associées à ces informations (i.e., processus métamnésiques).

En neuropsychologie, la métamémoire a été examinée à l'aide d'épreuves simultanées (e.g., jugements FOK et JOL, prédiction globale) dans des populations présentant des lésions cérébrales (e.g., syndrome de Korsakov associé à un dysfonctionnement des lobes frontaux) ou présentant une démence (e.g., démences Alzheimer et/ou Parkinson associées également à un dysfonctionnement des lobes frontaux) ou encore chez des personnes âgées dont les régions frontales sont sévèrement et précocement altérées.

5.2. Mesures simultanées : jugements métamnésiques

Globalement, les mesures recueillies à l'aide de *prédictions globales* chez des patients porteurs de lésions frontales montrent que ces derniers prédisent incorrectement leurs futures performances de mémoire (Croteau & Nolin, 1997 ; Pinon, Allain, Kefi, Dubas, Le Gall, 2005 ; Vilkkki, Servo, & Surma-aho, 1998). Ces résultats suggèrent qu'un individu présentant

un dysfonctionnement frontal éprouve des difficultés à évaluer ses propres compétences mnésiques avec précision.

Concernant les mesures de *JOL*, les rares études réalisées auprès de patients frontaux ou dysexécutifs rapportent des résultats contradictoires. Un travail réalisé par Pinon et al. (2005), auprès de vingt patients fronto-lésés et cliniquement dysexécutifs, n'a pas mis en évidence de perturbation de la précision des jugements d'apprentissage de listes de mots sémantiquement et non sémantiquement associés. En revanche, certaines études ont montré que des patients atteints d'une démence Alzheimer, associée à un dysfonctionnement exécutif (Van der Linden et al., 2000), présentaient un déficit de la précision de leur jugement d'apprentissage (Moulin, Perfect, & Jones, 2000a, 2000b). Le même profil de résultats avait déjà été observé chez des patients présentant un syndrome de Korsakov, également associé à un dysfonctionnement frontal (Bauer, Kyaw, & Kilbey, 1984 ; Kopelman, 1989). Ces résultats pourraient être la conséquence de la diversité des paradigmes utilisés. Par exemple, Kennedy et Yorkston (2000) ont examiné la capacité de patients traumatisés crâniens, avec lésions frontales pour 40% d'entre eux, à réaliser deux types de jugements d'apprentissage, un immédiat et un différé (i.e., après le test de rappel). Les résultats indiquaient que lorsque les jugements d'apprentissage étaient faits immédiatement après la présentation des couples de mots les patients prédisaient moins précisément que les sujets contrôles leurs futures performances de rappel. En revanche, lorsque les jugements d'apprentissage étaient différés les patients étaient aussi précis que les sujets contrôles.

Finalement, concernant les paradigmes de *FOK*, davantage de données issues de l'utilisation de diverses méthodes, suggèrent l'existence d'une relation entre le fonctionnement exécutivo-frontal et la précision des jugements de *FOK* en mémoire épisodique. Dans le contexte des études de patients frontaux, Janowsky, Shimamura, et Squire (1989) observent un déclin de la précision des jugements de *FOK* épisodique (Schnyer, Verfaellie, Alexander, LaFleche, Nicholls, & Kaszniak, 2004 ; Shimamura & Squire, 1986). Par ailleurs, avec la méthode des corrélations cognitivo-cognitives, Souchay et al. (2000, 2004b) décrivent une relation significative entre les mesures de précision du *FOK* épisodique et des mesures évaluant les fonctions exécutives. Une étude en neuroimagerie (Schnyer, Nicholls, & Verfaellie, 2005) montre le rôle du cortex préfrontal dans la précision des jugements de *FOK* épisodique. Ainsi, la diminution de la précision du *FOK* épisodique liée à l'âge s'expliquerait en partie par le niveau de fonctionnement exécutif des personnes âgées. Cette hypothèse semble en partie vérifiée par une étude menée par Souchay et al. (2000) et mettant en évidence que le déclin lié à l'âge de la précision du *FOK* est principalement le

résultat d'un dysfonctionnement exécutif associé au vieillissement. Une étude plus récente (Souchay et al., 2007) met en évidence une relation positive entre la précision du FOK et les réponses de type R (i.e., remember). Ces réponses sont supposées refléter la mise en œuvre de processus de remémoration permettant la récupération d'indices contextuels au moment du test. Ces résultats indiquent que les sujets qui prédisent avec une meilleure précision la reconnaissance d'items non rappelés (i.e., jugements FOK) font aussi davantage de reconnaissances sur la base de la récupération d'informations contextuelles (i.e., réponses R). En outre, les réponses de types R semblent médialiser l'effet du vieillissement sur la précision des jugements FOK. Ainsi, il semblerait que le déclin de la précision des jugements FOK s'expliquerait par une plus grande difficulté des personnes âgées à récupérer des informations contextuelles en lien avec la cible. L'hypothèse d'un déficit de remémoration proposée pour expliquer l'effet de l'âge sur la précision des jugements FOK pourrait être très proche de celle du fonctionnement exécutivo-frontal. En effet, certaines études indiquent que les réponses de type R sont d'une part associées à l'activation des aires du cortex préfrontal (Yonelinas et al., 2005) et d'autre part, corrélées aux mesures des fonctions exécutives (Bugajska et al., 2007 ; Parkin & Walter, 1992).

5.3. Régulation mnésique

Il est établi qu'une lésion affectant les régions frontales peut perturber la performance en mémoire épisodique, et donc, que ces régions participent activement au fonctionnement de ce système mnésique (voir Partie 2 sur le fonctionnement exécutif). Dans ce contexte, le lobe frontal semble intervenir dans le contrôle et l'organisation durant l'encodage et la récupération des informations en mémoire épisodique par la sélection, l'initiation et l'exécution des stratégies (Miller & Cohen, 2001 ; Moscovitch, 1992, 2008 ; Simons & Spiers, 2003). Plusieurs observations ont contribué à soutenir cette hypothèse. Ainsi, différents travaux ont révélé que le déficit en mémoire épisodique des patients frontaux était plus important dans le cas d'un rappel libre (Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995). Ce déficit est compatible avec l'hypothèse selon laquelle le lobe frontal est impliqué dans la mise en place de stratégies à l'encodage et à la récupération, celles-ci étant davantage nécessaires en situation de rappel libre que de reconnaissance. En outre, un certain nombre d'études indique que les patients frontaux ont des difficultés à organiser l'information à l'encodage (Eslinger & Grattan, 1994 ; Gershberg & Shimamura, 1995 ; Stuss et al., 1994 ; Vilkki et al., 1998). Ainsi,

ces patients présentent des difficultés à structurer l'information pour un rappel libre de mots non reliés et constituent moins de regroupements sémantiques. Dans ce cadre, Gershberg et Shimamura (1995) ont mis en évidence que ces patients présentaient des difficultés dans l'organisation subjective de mots (e.g., degré avec lequel les mêmes items sont rappelés d'un essai à l'autre), dans le regroupement d'items selon leur position sérielle dans les tests de rappel de listes d'items non catégorisés, et aussi dans le regroupement sémantique durant les tests de rappel libre de listes d'items sémantiquement catégorisés. En outre, ces auteurs notent l'existence d'une corrélation entre l'indice d'organisation et le nombre de mots rappelés, suggérant que la stratégie d'organisation utilisée est liée aux performances mnésiques.

D'autres travaux ont montré que les patients frontaux présentaient un déficit de production de stratégies susceptibles de favoriser la mémorisation (Gershberg & Shimamura, 1995 ; Hirst & Volpe, 1988). Ainsi, les patients frontaux semblent capables de bénéficier d'une consigne incitant à utiliser une stratégie d'apprentissage. Dans ce contexte, Hirst et Volpe (1988) ont montré que ces sujets ne présentaient aucune différence de performance entre le rappel d'une liste de mots non reliés et le rappel d'une liste de mots catégorisables. En revanche, la différence de performance apparaît lorsque la consigne propose l'utilisation d'une stratégie de catégorisation. Le même profil de résultats était obtenu par Gershberg et Shimamura (1995) avec un paradigme approximativement similaire. Globalement, ces résultats suggèrent que les patients frontaux présentent des difficultés à initier spontanément des stratégies mnésiques, mais sont capables d'en utiliser lorsqu'il leur est demandé de le faire.

Une autre méthode pour évaluer la dimension de régulation de la métamémoire consiste à recueillir les mesures d'allocation du temps d'étude et/ou de stratégies de répétitions. Les études que nous présenterons afin de montrer un lien entre le fonctionnement exécutif et la régulation métamnésique ont été réalisées chez des adultes âgés et auprès de patients atteints de démences Alzheimer. Comme nous l'avons précédemment précisé, ce type de pathologie est associée à une atteinte des régions frontales (Collette & Van der Linden, 2004 ; Dubois, Boller, Pillon, & Agid, 1991 ; Van der Linden et al., 2000).

Dans une série d'expériences menées par Moulin et al. (2000a, 2000b), les patients atteints de démence Alzheimer semblaient capables de gérer correctement leur temps d'apprentissage. Dans la première expérience, les items étaient présentés une fois, deux fois ou trois fois pendant la phase d'apprentissage. Les groupes de sujets âgés et Alzheimer diminuaient leur temps d'étude lorsque le nombre de répétitions augmentait, indiquant que les deux groupes de sujets étaient capables de tenir compte des opérations effectuées à l'encodage afin d'adapter leurs processus de contrôle métamnésique. Dans la seconde expérience, durant

la phase d'apprentissage, les participants devaient juger de la facilité de rappeler les items lors du test de mémoire ultérieur. Les groupes de sujets âgés et Alzheimer accordaient plus de temps aux items qu'ils avaient jugés difficilement accessibles lors du test de mémoire, indiquant que les deux groupes de sujets étaient capables de tenir compte de leur propre jugement pour adapter leur temps d'apprentissage. Bien que les sujets Alzheimer ne présentent pas de différence avec les sujets âgés concernant les processus métamnésiques, leurs performances en mémoire restaient inférieures à celles des sujets âgés. Ces résultats suggèrent qu'en dépit d'une augmentation du temps d'apprentissage, les sujets Alzheimer ne bénéficiaient pas de celle-ci pour compenser leur déficit en mémoire, peut-être à cause d'une mauvaise utilisation de ce temps. En effet, Souchay, Moulin, Isingrini et Conway (2008) ont montré que les sujets Alzheimer n'utilisaient pas leur temps d'apprentissage aussi efficacement que des sujets âgés contrôles. Dans cette étude, il s'agissait d'examiner d'une part la capacité de sujets Alzheimer à utiliser des stratégies de répétitions et à les réguler lors de l'apprentissage et d'autre part, la capacité à prédire leur performance mnésique en fonction des stratégies utilisées. La condition d'apprentissage variait selon deux modalités. Dans la première condition où les participants géraient eux-mêmes leur temps d'étude, la consigne les incitait à répéter les items présentés. Dans la seconde condition où le temps était imposé par l'expérimentateur, la consigne ne proposait aucune stratégie particulière mais précisait qu'un test de mémoire suivrait la phase d'apprentissage. Les résultats indiquaient un effet significatif de la démence Alzheimer sur les processus de contrôle. Globalement, les sujets Alzheimer étudiaient les items plus longtemps que les sujets âgés contrôles, mais ils n'utilisaient pas ce temps d'étude supplémentaire pour augmenter leurs répétitions, contrairement aux sujets âgés. L'une des interprétations données par les auteurs tient compte du dysfonctionnement exécutif associé à la démence Alzheimer. En effet, dans une étude précédente, Souchay et al. (2004a) avaient montré d'une part, que la capacité à utiliser une stratégie de répétition était positivement corrélée au fonctionnement exécutif et d'autre part, que le dysfonctionnement exécutif lié au vieillissement expliquait en partie l'effet de l'âge sur les processus de contrôle métamnésiques. Ainsi, le dysfonctionnement exécutif associé à la démence Alzheimer pourrait en partie expliquer leur incapacité à utiliser efficacement des stratégies mnésiques.

Enfin, pour appuyer l'hypothèse selon laquelle le dysfonctionnement exécutif médiatise l'effet de l'âge sur les processus de contrôle métamnésiques, nous présenterons de nouveau l'expérience menée par Souchay et Isingrini (2004a). L'objectif était d'examiner la relation existant entre le vieillissement normal, le contrôle métamnésique et les fonctions

exécutives. Les auteurs s'attendaient à ce que les sujets âgés rencontrent plus de difficultés à adapter leur stratégie d'étude à la difficulté de la tâche, ce déficit devant se traduire par une moindre augmentation de l'indice d'ajustement. Ils s'attendaient également, en accord avec l'hypothèse métamnésique de la mémoire, à ce que l'influence des stratégies d'étude initiées par le sujet ait un effet sur les performances mnésiques moins important chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes. Cette difficulté devant se traduire par l'existence d'une interaction entre les facteurs âge et condition d'apprentissage (i.e., autogéré vs. imposé), indiquant que les sujets âgés tirent moins profit que les sujets jeunes de la condition d'apprentissage autogéré. Enfin, par rapport à l'hypothèse exécutive du vieillissement cognitif, ces auteurs s'attendaient à deux résultats. Le premier devait montrer que l'indice de contrôle métamnésique était significativement corrélé à l'indice exécutif, et le second devait montrer que cet indice exécutif médiatisait de façon importante la part de variance expliquée liée à l'âge sur l'indice d'ajustement à la difficulté. Les principaux résultats faisaient apparaître une corrélation significative entre l'indice exécutif et l'indice d'ajustement à la difficulté de la tâche. La part de variance liée à l'âge sur l'indice d'ajustement diminuait de 86% lorsque l'indice exécutif était contrôlé, indiquant que le déficit exécutif peut être considéré comme un médiateur pertinent de l'effet de l'âge sur le contrôle métamnésique.

Conclusion

En conclusion sur l'hypothèse exécutive-frontale de l'effet du vieillissement sur les processus métamnésiques et mnésiques, nous avons montré que le vieillissement normal s'accompagnait d'une diminution progressive du fonctionnement exécutif afférant à la mémoire. Les difficultés de mémoire liées au vieillissement pourraient donc en partie s'expliquer de la façon suivante : le vieillissement normal est associé à une dégradation du cortex frontal, cette dégradation entraînerait un déficit du fonctionnement exécutif, concernant la mémoire, ce déficit se traduirait par une moindre efficacité des processus métamnésiques.

Au terme de cette revue de littérature, il ressort que les conséquences du vieillissement normal sur les structures neurologiques et sur les performances comportementales dans des tâches impliquant un haut degré de fonctionnement exécutif apportent un ensemble convergent de données compatibles avec l'hypothèse du déclin exécutif. Dans ce sens, plusieurs recherches indiquent que le cortex préfrontal, classiquement présenté comme le principal siège des fonctions exécutives, apparaît comme la région cérébrale la plus sensible aux effets du vieillissement normal. Concernant l'effet médiateur du dysfonctionnement exécutif sur les

performances en mémoire épisodique, des données ont montré que l'effet de l'âge sur certaines composantes de la mémoire épisodique (e.g., capacité d'organisation, de recherche contrôlée, souvenir du contexte d'apprentissage, etc.) paraît médiatisé par ce dysfonctionnement exécutif. Ce point de vue est notamment étayé par une similitude entre le profil mnésique des sujets âgés et celui des patients souffrant de lésions frontales. Il est également soutenu par le fait, que des travaux ont pu confirmer que les modifications liées à l'âge dans ces tâches sont corrélées aux performances relatives aux tests exécutifs et au niveau d'activation du cortex préfrontal observé à l'aide de la neuroimagerie fonctionnelle. Nous avons également rapporté des travaux sur la métamémoire dont les résultats indiquent que le déficit exécutif qui accompagne le vieillissement est susceptible d'expliquer les effets de l'âge observés dans certains aspects des processus de *monitoring* et de contrôle métamnésiques. Globalement, ces données semblent compatibles avec l'hypothèse que le déficit de fonctionnement exécutivo-frontal lié à l'âge limite les aspects stratégiques et conscients des processus mnésiques qui opèrent à la fois aux étapes d'encodage et de récupération.

Chapitre 2 : Problématique générale

L'objectif principal de ce travail était d'appréhender le déclin en mémoire épisodique des adultes âgés en termes de déficit des processus stratégiques. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur un ensemble de travaux que nous résumerons dans la partie suivante et à partir desquelles nous introduirons les différentes expériences qui constituent ce travail.

Parmi les systèmes de mémoire distingués par Tulving (1995), la mémoire épisodique est le système le plus affecté au cours du vieillissement (e.g., Balota et al., 2000). Ce système fait référence aux souvenirs intégrés dans leur contexte spatio-temporel d'acquisition et permet de revivre les événements lors de leur remémoration. Dans ce cadre, le déclin en mémoire épisodique des personnes âgées se caractérise par un déficit des processus associatifs (i.e., *ADH*, Naveh-Benjamin, 2000). Ces derniers permettent d'assembler au sein d'une même représentation mnésique un événement et les différentes caractéristiques qui lui sont liées, telles que des caractéristiques temporelles, spatiales, perceptives ou encore conceptuelles. Par exemple, lors de l'encodage, le déclin mnésique lié à l'âge se caractériserait par les faibles capacités des personnes âgées à assembler spontanément les différents éléments associés à une information cible au sein d'une même représentation mnésique (e.g., Naveh-Benjamin et al., 2003 ; Naveh-Benjamin et al., 2004). Lors de la récupération, les personnes âgées présenteraient des difficultés à accéder à l'information cible à cause de leurs faibles capacités à retrouver les indices ou éléments qui constituaient l'épisode d'apprentissage (e.g., Bugaiska et al., 2007 ; Healy et al., 2005 ; Piolino et al., 2002). Une des explications à ce déficit d'association reposerait sur un déficit des processus stratégiques (Shing et al., 2010).

Différentes composantes du déficit des processus stratégiques lié au vieillissement ont été étudiées. Nous pouvons distinguer les études qui portent sur les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées d'encodage et de récupération. Dans un deuxième temps, les études réalisées dans le cadre de la métamémoire qui abordent les stratégies mnésiques en tant que processus de régulation. Enfin, les études qui considèrent le fonctionnement exécutivo-frontal comme élément essentiel dans la mise en œuvre de stratégies mnésiques. Concernant les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées d'encodage et de récupération, les données indiquent globalement que dans le vieillissement, la mise en place de stratégies à l'encodage et à la récupération doit être facilitée par des tâches ou des consignes qui vont diminuer la part de traitements auto-initiés (e.g., Craik, 1990). Lors de l'encodage, il s'agit de fournir un support environnemental suffisant pour orienter l'apprentissage vers l'utilisation d'un traitement profond et inciter à élaborer ce traitement sur l'information à mémoriser (e.g., Taconnat et al., 2008). Lors de la récupération, un support environnemental suffisant correspond à fournir une quantité d'indices susceptibles de faciliter l'accès à l'information

cible (e.g., Angel et al., 2010). Lorsque ces conditions sont réunies, le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées est considérablement réduit (e.g., Naveh-Benjamin et al., 2007).

Dans le cadre de la métamémoire, les stratégies mnésiques sont envisagées en tant que processus de régulation et semblent déterminés par les connaissances métamnésiques (i.e., *monitoring*). Cette relation entre connaissances métamnésiques et régulation mnésique (i.e., *control*) est illustrée par l'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988). Elle suggère que la phase de *monitoring* influence la phase de *control*. Par exemple, selon le degré de connaissance d'une information ou de difficulté d'apprentissage d'une information (i.e., *monitoring*), l'individu accordera plus ou moins de temps (i.e., *control*) à l'apprentissage ou à la recherche de cette information. Dans le cadre du vieillissement normal, les connaissances métamnésiques semblent épargnées (e.g., Hertzog & Hultsch, 2000). En revanche, la régulation mnésique semble plus sensible aux effets du vieillissement. Globalement, les personnes âgées présenteraient à la fois des difficultés dans la mise en place de stratégies adaptées à la nature de la tâche (e.g., Souchay & Isingrini, 2004a) et des difficultés à ajuster leurs stratégies en fonction de leurs propres jugements métamnésiques (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1997). Néanmoins, ces effets de l'âge pourraient être réduits voire éliminés, si on incite les adultes âgés à se servir de stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (e.g., Dunlosky et al., 2003). Les difficultés que présentent les personnes âgées à adapter spontanément leurs stratégies mnésiques à la nature de la tâche et/ou à leurs propres jugements métamnésiques, pourraient en partie s'expliquer par l'hypothèse exécutivo-frontale (West, 1996).

L'hypothèse exécutivo-frontale repose sur les observations selon lesquelles (1) les adultes âgés présentent un profil de mémoire analogue à celui des patients cérébrolésés frontaux, c'est-à-dire un déficit spécifique dans les tâches de mémoire nécessitant la mise en œuvre de processus contrôlés (e.g., Davidson & Glisky, 2002 ; Taconnat et al., 2009) ; (2) ils présentent un déclin de leurs performances aux tâches évaluant les fonctions exécutives (e.g., Rhodes, 2004) et (3) une altération relativement précoce du cortex préfrontal (e.g., Dennis & Cabeza, 2008) qui sous-tend majoritairement les fonctions exécutives (e.g., Collette et al., 2006). Globalement, les fonctions exécutives sont impliquées dans la mise en place de stratégies adaptées et dans la récupération de détails liés au contexte d'acquisition des informations. L'altération de ces fonctions au cours du vieillissement limite les processus stratégiques lors de l'encodage (e.g., Bryan et al., 1999) et implique également un déclin

spécifique de la remémoration, nécessaire à la réalisation de certaines tâches de mémoire (e.g., rappel pus ou moins indicé, Taconnat et al., 2007) et nécessaire à la précision des souvenirs (e.g., Kelley & Sahakyan, 2003).

Enfin, l'augmentation avec l'âge de l'utilisation de stratégies externes, comme utiliser des pense-bêtes, noter des informations sur un agenda, etc. (Bouazzaoui et al., 2010), suggère que les adultes âgés sont conscients à la fois de leur déclin mnésique et de l'utilité de ces aide-mémoire pour compenser leurs déficits. En outre, la diminution de l'utilisation de stratégies internes, comme organiser les informations, faire des images mentales, etc., est directement liée au déclin des fonctions exécutives. Ces données sont en accord avec l'idée que le processus de *monitoring* est préservé dans le vieillissement, c'est-à-dire que les personnes âgées sont capables d'évaluer précisément leurs compétences mnésiques, en général ou durant la réalisation d'une tâche. En revanche, elles présenteraient des difficultés à exploiter ces connaissances à cause de leur faible capacité à mettre en place de façon spontanée des stratégies adaptées (i.e., stratégies internes), ce qui conduirait à un déclin de leurs performances en mémoire.

L'objectif général de ce travail de thèse consistait donc à examiner le déclin de la mémoire épisodique des adultes âgés en termes de processus stratégiques. Afin de répondre à cet objectif, nous avons effectué 2 expériences. A partir de l'ensemble des données obtenues dans la deuxième expérience, nous avons effectué des analyses de variance afin d'examiner les processus stratégiques à l'encodage et à la récupération. Nous présenterons celles-ci dans les études 1, 3, 5, 7 et 8. A la suite de chacune de ces études, nous avons examiné les déterminants du déclin de la mémoire épisodique et des processus stratégiques des adultes âgés. Ces résultats sont présentés dans les études 2, 4, 6 et 9.

L'objectif de l'expérience 1 était d'approfondir les connaissances sur la capacité des sujets âgés à adapter leur temps d'apprentissage selon leur propre estimation de la difficulté de la tâche. L'originalité de cette étude résidait dans la manipulation du support environnemental fourni à l'encodage. Ainsi, les sujets devaient estimer le nombre de mots qu'ils pensaient pouvoir rappeler après un apprentissage en condition de lecture et après un apprentissage en condition de production. En accord avec plusieurs études (e.g., Souchay & Isingrini, 2004b), les sujets âgés devaient présenter une relation plus faible entre l'estimation de la difficulté de la tâche (i.e., prédiction globale) et le temps d'apprentissage. Ce dernier résultat avait pour objectif de confirmer que les sujets âgés sont moins capables d'ajuster leur temps d'apprentissage à leur propre jugement métamnésique.

Les résultats obtenus dans l'expérience 1 ont montré une diminution liée à l'âge de la capacité à adapter le temps d'étude à la perception de la difficulté de la tâche. Néanmoins, les adultes âgés bénéficiaient autant que les sujets jeunes du support environnemental pour augmenter leur performance mnésique. Ces données suggéraient que les effets liés à l'âge sur l'allocation du temps d'apprentissage pouvaient dépendre du protocole expérimental utilisé et des processus impliqués. Aussi dans l'étude 1 de l'expérience 2 avons-nous élaboré un paradigme expérimental permettant de faire varier le niveau du support environnemental à l'encodage selon trois modalités (i.e., sans support vs. support modéré vs. support élevé). L'objectif était d'examiner si préciser l'efficacité de stratégies fournies à l'encodage (i.e., support élevé) permettait aux adultes âgés d'ajuster leur temps d'étude à la difficulté de la tâche (i.e., degré d'association des paires de mots) et ainsi de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique.

Les résultats obtenus dans l'étude 1 montrent que les personnes âgées bénéficiaient du support environnemental élevé pour ajuster efficacement leur temps d'étude à la difficulté de la tâche et compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Pourtant, ces données ne nous permettaient pas de savoir comment les sujets avaient utilisé leur temps d'étude. Par conséquent, dans l'étude 3 nous avons repris le paradigme expérimental élaboré par Dunlosky et Hertzog (1998) et l'objectif était d'examiner la répartition et le type de stratégies utilisées par chacun des groupes d'âge selon le niveau du support environnemental et le degré d'association des mots à étudier. Il s'agissait de tester l'hypothèse d'un déficit lié à l'âge de la production de stratégies d'encodage. Par ailleurs, le déclin en mémoire épisodique des adultes âgés pouvant s'expliquer par un déficit des processus stratégiques qui interviennent à l'encodage mais aussi à la récupération, dans l'étude 7 nous avons testé l'hypothèse d'un déficit lié à l'âge de la récupération des stratégies. En outre, comme le précise Dunlosky et al. (2005), il semble nécessaire de distinguer la capacité d'exécuter une stratégie de la capacité d'exploiter cette stratégie, c'est-à-dire la capacité d'en tirer bénéfice. Ainsi, dans l'étude 5 nous avons calculé un indice de l'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage et dans l'étude 8 un indice de la récupération efficace de ces stratégies. Ces deux indices ont été calculés en fonction des performances de rappel correct, et nous permettaient de tester l'hypothèse d'un déficit lié à l'âge de l'utilisation efficace des stratégies d'encodage (étude 5) et l'hypothèse d'un déficit lié à l'âge de la récupération efficace des stratégies (étude 8).

Finalement, une partie de ce travail s'appuyant sur l'hypothèse exécutivo-frontale du vieillissement de la mémoire, nous avons effectué une série d'études visant à examiner le rôle médiateur du fonctionnement exécutif sur le déficit associatif en mémoire épisodique des

personnes âgées (étude 2), sur le déficit lié à l'âge de la production de stratégies d'encodage (étude 4), sur le déficit lié à l'âge de l'utilisation efficace de stratégies d'encodage (étude 6) et sur le déficit lié à l'âge de la récupération efficace de stratégies (étude 9).

En résumé, la première expérience est à l'origine de la deuxième expérience qui nous a permis d'élaborer un paradigme expérimental plus adapté à nos hypothèses. L'expérience 1 et l'étude 1 de l'expérience 2 sont présentées sous la forme d'un résumé accompagné d'un article. Les études 3, 5, 7 et 8 appréhendent le vieillissement de la mémoire épisodique en termes de déficit des processus stratégiques opérant à l'encodage et à la récupération. Enfin, les études 2, 4, 6 et 9 testent l'hypothèse exécuto-frontale du déclin lié à l'âge de la mémoire épisodique et des processus stratégiques.

Chapitre 3 : Travaux expérimentaux

Expérience 1 :

Jugements métamnésiques et adaptation du temps d'apprentissage chez des sujets jeunes et âgés : effet différentiel d'une tâche de production.

Introduction

L'étude présentée dans cet article s'appuie sur l'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988) et sur l'hypothèse de la facilité d'encodage (i.e., *encoding fluency hypothesis*, Hertzog, Dunlosky, Robinson, & Kidder, 2003). L'hypothèse du *monitoring-affects-control* suggère que les produits de la phase de *monitoring* influencent la phase de *control*. Ces deux processus entretiennent une relation étroite et dynamique puisque les connaissances sur l'état du système mnésique (*monitoring*) déterminent la mise en œuvre de stratégies (*control*) permettant l'ajustement du comportement en vue d'atteindre le but fixé. Par exemple, plus un individu jugera une information difficile à apprendre plus le temps utilisé lors de la phase d'encodage sera important (e.g., Mazzoni & Cornoldi, 1993). Par ailleurs, l'hypothèse de la facilité d'encodage (Hertzog et al., 2003) suggère que la facilité avec laquelle les processus d'encodage sont effectués ou le temps mis pour effectuer les processus d'encodage sont des sources d'informations pour établir des jugements métamnésiques. En d'autres termes, cette hypothèse suggère que plus une information sera facile à apprendre donc plus le temps d'apprentissage sera court et plus un individu pensera que cette information sera facilement rappelée. Par exemple, Hertzog et al. (2003) ont observé une relation négative entre le temps d'élaboration d'images mentales lors de l'apprentissage et les mesures de JOL, en ce sens que moins les sujets mettaient de temps à élaborer une image mentale à partir d'un item, plus ils pensaient pouvoir rappeler cet item lors du test de mémoire. En résumé, ces deux hypothèses illustrent la relation qui existe entre l'allocation du temps lors de l'apprentissage et les jugements métamnésiques. Parmi les différentes méthodes pour mesurer les jugements métamnésiques nous avons utilisé la prédiction globale. Elle est généralement administrée avant ou après la phase d'apprentissage, mais toujours avant le test de mémoire et correspond à l'estimation que fait un individu du nombre d'items qu'il pense pouvoir rappeler. Dans cette étude, les sujets effectuaient une prédiction globale avant une phase d'apprentissage en condition de lecture et une autre avant une phase d'apprentissage en condition de production. Ainsi, nous avons plutôt utilisé cette mesure comme un indice d'estimation subjective de la difficulté de la tâche, plus les sujets pensaient rappeler d'items plus ils estimaient la tâche de mémoire facile. Concernant la mesure du processus de *control*,

nous avons enregistré le temps utilisé par les sujets pour effectuer les phases d'apprentissage (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1998 ; Son & Metcalfe, 2000).

Dans le cadre du vieillissement normal, différentes études ont montré que les personnes âgées étaient capables de faire des jugements métamnésiques aussi précis que les sujets jeunes (e.g., Hertzog & Hulstsch, 2000), et qu'ils établissaient également ces jugements à partir des mêmes indices, tels que la facilité d'encodage (Hertzog et al., 2003) ou encore l'estimation subjective de la vitesse d'encodage (Robinson et al., 2006). En revanche, le processus de *control* serait plus sensible aux effets du vieillissement (e.g., Murphy et al., 1981) et se traduiraient globalement par une mauvaise adaptation des stratégies d'encodage à la difficulté de la tâche. Par exemple, Souchay et Isingrini (2004a) ont montré que les personnes âgées ajustaient moins bien que les sujets jeunes leur temps d'apprentissage et le nombre de répétitions à la difficulté objective de la tâche qui variait selon la longueur de la liste de mots à apprendre. En outre, d'autres études ont mis en évidence que les personnes âgées tenaient moins compte que les sujets jeunes de leurs propres jugements métamnésiques pour ajuster leur temps d'apprentissage (e.g., Dunlosky & Connor, 1997 ; Souchay & Isingrini, 2004b). Par exemple, lorsque les deux groupes d'âge jugeaient certains items plus difficiles que d'autres à apprendre, les sujets jeunes augmentaient plus que les sujets âgés le temps d'étude des items jugés difficiles. Ce phénomène correspondrait à la difficulté des sujets âgés à spontanément coordonner jugements métamnésiques et processus de *control*, les empêchant ainsi d'ajuster correctement leur temps d'apprentissage.

L'objectif de cette expérience était d'approfondir les connaissances sur la capacité des sujets âgés à adapter leur temps d'apprentissage selon leur propre estimation de la difficulté de la tâche. En outre, l'originalité de cette étude résidait dans la manipulation du support environnemental fourni à l'encodage. Ainsi, les sujets devaient estimer le nombre de mots qu'ils pensaient pouvoir rappeler après un apprentissage en condition de lecture et après un apprentissage en condition de production. Bien que la production de mots permette d'optimiser les performances mnésiques chez les sujets jeunes (e.g., Mulligan & Lozito, 2004 ; Taconnat, 2005 pour des synthèses récentes) comme chez les sujets âgés (e.g., Taconnat & Isingrini, 2004 ; Whiting, 2003), nous avons pu constater au travers de différentes expériences menées dans notre laboratoire (e.g., Taconnat et al., 2006 ; Taconnat et al., 2008), que généralement les participants jeunes comme âgés estimaient cette condition plus difficile que la simple lecture, et de ce fait pensaient rappeler moins de mots. A partir de ces observations empiriques, un effet négatif de la production d'items est attendu sur les mesures de prédiction globale. Les deux groupes d'âge devraient estimer rappeler moins de mots en

condition de production. Néanmoins, un effet positif de la production de mots est attendu sur les mesures de mémoire. Par ailleurs, en accord avec plusieurs études (e.g., Dunlosky & Connor, 1997 ; Souchay & Isingrini, 2004b), les sujets âgés devraient présenter une relation plus faible entre l'estimation de la difficulté de la tâche (i.e., prédiction globale) et le temps d'apprentissage. Ce dernier résultat a pour objectif de confirmer que les sujets âgés sont moins capables d'ajuster leur temps d'apprentissage à leur propre jugement métamnésique.

Méthode

Un groupe de 18 sujets jeunes non étudiants ($M = 25.22$; $ET = 3.47$) et un groupe de 18 sujets âgés autonomes ($M = 68.11$; $ET = 4.89$) ont participé à cette étude. Les sujets jeunes avaient un niveau d'étude supérieur à celui des sujets âgés mais le score moyen au test du Mill Hill (Deltour, 1993) était comparable entre les deux groupes d'âge. Tous les adultes âgés inclus avaient obtenu un score supérieur à 27 sur 30 au MMSE (Folstein et al., 1975).

L'expérience se composait de deux sessions, la première consistait en un apprentissage en condition de lecture et la seconde en un apprentissage en condition de production. La condition d'apprentissage en production était toujours réalisée en seconde session pour éviter que les sujets utilisent une stratégie de production d'items lors de l'apprentissage en condition de lecture, et elle se déroulait généralement une semaine après la première session de test. Pour chacune des conditions d'apprentissage, les sujets effectuaient d'abord une phase de familiarisation composée de cinq paires de mots et correspondant à la condition d'apprentissage qu'ils devaient réaliser (i.e., lecture vs. production). Puis, ils effectuaient un jugement de prédiction globale consistant à prédire le nombre de mots sur quarante (i.e., 40 représente le total de paires de mots à apprendre) qu'ils pensaient pouvoir rappeler lors du test de mémoire. L'apprentissage commençait soit en condition de lecture (e.g., *porte – fenêtre*) soit en condition de production (e.g., *porte – fen....*), et les sujets avaient pour consigne d'utiliser le temps qu'ils désiraient pour étudier chaque paire de mots. A la suite de la présentation des 40 paires d'items une tâche interférente d'une minute était proposée et finalement les sujets effectuaient le test de rappel indicé.

Résultats et discussion

Les principales mesures retenues correspondent : (1) aux prédictions globales ; (2) au temps d'apprentissage ; et (3) aux performances de mémoire. Nous avons manipulé deux

facteurs inter-sujets : l'Age (i.e., sujets jeunes vs. âgés) et la Condition d'Apprentissage (i.e., lecture vs. production).

Les résultats indiquaient que les sujets jeunes et âgés prédisaient rappeler moins de mots en condition de production qu'en condition de lecture, suggérant qu'ils estimaient la production de mots plus difficile. Nous avons interprété ce résultat selon l'hypothèse de la facilité d'encodage (Hertzog et al., 2003), en ce sens que les sujets auraient basé leur jugement de la difficulté de la tâche à partir des indices qu'ils avaient pu recueillir lors de la phase de familiarisation, tels que la facilité et/ou la vitesse avec lesquelles ils traitaient les paires de mot lors de l'apprentissage. Ainsi, leur prédiction serait basée sur une théorie subjective suggérant que plus un item est traité facilement lors de l'encodage plus ils auront de chance de le rappeler ultérieurement. Cette interprétation vaut particulièrement pour les sujets jeunes puisqu'ils sont les seuls à avoir augmenté leur temps d'apprentissage en condition de production, contrairement aux sujets âgés qui n'ont pas modifié leur temps d'étude selon la condition d'apprentissage. Ce résultat suggère que les sujets âgés n'ont pas tenu compte de leur propre estimation de la difficulté de la tâche pour ajuster en conséquence leur temps d'apprentissage. En accord avec plusieurs travaux (e.g., Souchay & Isingrini, 2004b) et dans le cadre de l'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988), les adultes âgés présenteraient des difficultés à spontanément coordonner jugements métamnésiques et processus de *control*, les empêchant ainsi d'ajuster correctement leur temps d'apprentissage. Néanmoins, bien que les sujets âgés n'aient pas modifié leur temps d'apprentissage selon leur propre jugement, ils ont autant bénéficié que les sujets jeunes de la production de mots pour améliorer leurs performances mnésiques, suggérant que le temps passé à produire des mots ne détermine pas l'efficacité d'un encodage. Ce dernier résultat a été interprété en termes d'efficacité des processus élaborés à l'encodage et selon l'hypothèse du support environnemental (e.g., Craik, 1990). Globalement, la production d'items représenterait un support environnemental tellement efficace qu'elle impliquerait directement l'élaboration d'un traitement sémantique profond, et ceci indépendamment du temps utilisé. Le temps ne déterminant pas l'efficacité d'un encodage en production, on pourrait imaginer que les sujets âgés en avaient conscience et n'ont pas augmenté leur temps d'étude en conséquence, suggérant qu'ils ne présentaient pas de déficit de *control*. Or, leur estimation de la difficulté de la tâche prouvait le contraire, puisqu'ils prédisaient rappeler moins de mots en condition de production.

En résumé, l'ensemble de ces résultats semble confirmer une diminution liée à l'âge de la capacité à spontanément coordonner jugements métacognitifs et processus de *control* qui

est nécessaire pour adapter le temps d'étude à la perception de la difficulté de la tâche. Néanmoins, compte tenu de l'effet positif de la production d'items sur les performances de mémoire chez les adultes jeunes comme chez les adultes âgés, d'autres interprétations sont envisageables. En outre, ces données suggèrent que les effets liés à l'âge sur l'allocation du temps d'apprentissage peuvent dépendre du protocole expérimental utilisé et des processus impliqués.

Article 1 : Froger, C., Sacher, M., Gaudouen, M. S., Isingrini, M., & Taconnat, L. (soumis). Metamemory judgments and study time allocation in young and elderly adults: dissociative effects of a generation task.

**Metamemory judgments and study time allocation in young and elderly adults:
dissociative effects of a generation task**

Charlotte Froger^{1,2}, Mathilde Sacher^{1,2}, Marie-Sophie Gaudouen^{1,3},

Michel Isingrini^{1,2}, Laurence Taconnat^{1,2}

¹: Université de Tours, France

²: UMR-CNRS 6234, Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage

³: E.A. 2114: Psychologie des Ages de la Vie

Running Head

Aging and adjustment of study time.

Correspondence for this article should be sent to:

Charlotte Froger

UMR-CNRS, 6234: CeRCA, Université de Tours,

116 boulevard Béranger

37000 Tours, France

c.froger@yahoo.fr

And Laurence Taconnat

Laurence.taconnat@univ-tours.fr

Abstract

This study explored age-related differences in the use of metacognitive judgment to allocate extra study time according to the perceived difficulty of a learning task. The task difficulty was varied by manipulating the encoding condition which entailed either generating or reading paired associates. Perceived difficulty was measured by the global prediction rating, whereby participants predicted that they would recall fewer words in the learning task they considered hardest. Participants were first asked to predict their own future recall performance and then learned paired associates in their own time, and finally performed a cued-recall test for each encoding condition. Our results replicated earlier findings that generation improves the memory performance of both young and elderly adults. However, both groups thought that generation would be more difficult than reading and predicted that they would recall fewer words under that condition. The young adults allocated different amounts of study time to the two tasks, whereas the older adults allocated the same time. This was interpreted as an age-related impairment in self-initiated coordination of metacognitive judgment and the control processes required for effective allocation of study time.

Key-Words

Aging, metamemory judgment, study time allocation, memory, generation effect

Introduction

In order to complete a memory task, different aspects of the task and of our own cognitive abilities need to be assessed so that appropriate strategies can be selected. The efficacy of the strategy chosen also needs to be evaluated while carrying out the task. If it is perceived sufficiently effective, it will be retained, but if not, it will be changed for another possibly more effective strategy. These processes are referred to as metacognition, which is a broad term that encompasses both knowledge and regulation of cognitive ability (Flavell & Wellman, 1977). When people have to carry out a memory task, they use metacognitive knowledge which is connected to *monitoring* (Nelson & Narens, 1990) and relates to what they know about the tasks, mnemonic strategies and their own cognitive abilities. Metacognitive regulation is connected to *control* (Nelson & Narens, 1990) and involves strategy selection, execution and modification. In the literature, a common and useful method for measuring metacognitive monitoring is to ask participants to make a metacognitive judgment, for example, to predict how many items they will remember on an upcoming memory test, and then to compare this judgment with their actual performance. Several studies have been carried out using different types of judgment: Judgment of Learning (JOL), in which predictions are made about the likelihood of recalling recently studied items (Mazzoni & Cornoldi, 1993); Feeling of Knowing (FOK), which concerns the likelihood of subsequent recognition of non-recalled information (Nelson & Narens, 1990); Quality of Encoding (QUE), which is a judgment about the quality of the encoding process (Dunlosky, Kubat-Silman, & Hertzog, 2003); Ease of Learning (EOL), elicited before study (Leonesio & Nelson, 1990); and global prediction (Woo, Schmitter-Edgecombe, & Fancher, 2008). In the present research, we used the global prediction index which is an estimation of the total number of items that participants think they will recall in an upcoming memory test. Generally, global prediction is elicited before and/or after the encoding session, and always before the memory test. In the current study, participants predicted their future memory performance before the encoding session which involved either reading or generating target items. Within this context, we used the global prediction measure for a function not commonly found in the literature, namely as an estimation of task difficulty, in that the harder the participants considered the learning task to be, the fewer words they predicted they would recall. Self-paced study time can also be considered as a measure of metacognitive control, specifically, selection and modification of strategies (e.g. Souchay and Isingrini, 2004a,

2004b). For example, a task which is perceived to be more difficult will be allocated more study time.

Thus, in contrast to the study by Souchay and Isingrini (2004a), in which they manipulated the objective difficulty of the learning task by varying the length of the list of words to be learnt, the novelty of this study was that we first manipulated the subjective difficulty of the learning task by varying the level of cognitive support (i.e., read vs. generated condition) and secondly we used the global prediction measure to estimate task difficulty. Within this context, we examined whether there was an age-related difference in the subjective estimation of the task difficulty, and whether older adults were as able as their younger counterparts to adjust their study time according to their own perception of the task difficulty.

Metacognitive control depends on one's own knowledge about memory performance (Nelson & Leonesio, 1988; Nelson & Narens, 1990). This assumption has been conceptualized as a causal link between metacognitive monitoring and metacognitive control, defined as the *monitoring-affects-control hypothesis* (Nelson, 1996), which states that the self-regulation of one's own behaviour (control) is based on metacognitive judgment (monitoring). For instance, Mazzoni and Cornoldi (1993) found that their participants used a shorter study time for the recognition than the recall test, indicating that they were able to adapt their study-time allocation strategy to the nature of the memory task, recall being considered to be more difficult than recognition. Their results suggest that strategy selection and modification are determined by the nature of the task and more particularly by the perceived difficulty of the task. A similar result was observed by Souchay and Isingrini (2004a). In their study, participants were found to study longer when the task difficulty increased, i.e. the list of words to remember was longer. There is an increasing body of evidence supporting the *monitoring-affects-control hypothesis* (Nelson, 1996) and indicating that metacognitive judgments (JOL and FOK) influence subsequent study-time allocation strategies, suggesting that metacognitive control depends on perceived task difficulty (Dunlosky & Connor, 1997; Souchay & Isingrini, 2004a; 2004b). Dunlosky and Connor (1997) used multiple study-test trials with paired associates to examine the use of metacognitive judgments (JOL) in allocating study time. They found negative intra-individual correlations between JOL ratings in one trial and study times in the following trial, in other words, when participants predicted a word would be difficult to recall, they studied it longer at the next trial. A similar result was found by Souchay and Isingrini (2004b) who observed that participants adapted their study

time in accordance with their FOK judgments, giving less study time to items with a higher FOK.

Other authors have taken a somewhat different view of the relationship between metacognitive judgment and control. For example, Benjamin, Bjork and Schwartz (1998) explored whether retrieval fluency at study was a reliable source of information for JOL. Retrieval fluency is the ease with which information is extracted from long-term memory and generated during the study phase. A negative relationship was observed between latency of retrieval at study and participants' confidence that the items would be recalled on a subsequent memory test: when items took longer to be retrieved at study, participants were less confident that they would remember them later. In line with these results, Matvey, Dunlosky and Guttentag (2001) used a self-paced target generation task to examine whether the fluency of generating target words at study influences JOL. There was a negative correlation between generation latency and JOL, i.e. participants were less confident that they would remember items which took longer to generate. Benjamin et al. (1998) and Matvey et al. (2001) concluded that fluency in achieving a task at study could be a cue for metacognitive judgments. They suggested that the relationship between fluency and metacognitive judgments could be partly mediated by a subjective theory about how the fluency of implementing a task relates to memory performance. Based on this assumption, Hertzog, Dunlosky, Robinson, & Kidder (2003) proposed the *encoding fluency hypothesis*. According to this hypothesis, an encoding process which is successfully concluded within a short time will produce a greater subjective likelihood of retention and subsequent recall. In their study, Hertzog et al. (2003) predicted that faster image generation at encoding would lead to greater confidence that the item would be remembered. Indeed, JOLs were negatively correlated with the latency of image generation, JOL decreasing as the latency of generation increased. In sum, these studies highlight the interplay between study-time allocation and the individual's knowledge about the task difficulty.

While several studies have shown that metacognitive control components are affected by aging (e.g. Murphy, Sanders, Gabriesheski and Schmitt, 1981; Souchay & Isingrini, 2004a), it seems that metacognitive judgments may be relatively spared (Hertzog & Hultsch, 2000; Dunlosky & Hertzog, 2000 for JOL accuracy; Woo, Schmitter-Edgecombe, & Fancher, 2008 for global prediction accuracy; but see Souchay, Isingrini, & Espagnet, 2000, and Souchay, Moulin, Clarys, Taconnat, & Isingrini, 2007, for different results on episodic FOK accuracy). Moreover, recent studies showed that older and younger adults are very similar in their use of multiple cues to generate JOLs, for example, mediator production success and

encoding fluency (Hertzog et al., 2003) or subjective encoding latency (Robinson, Hertzog, & Dunlosky, 2006). However, with regard to metacognitive control, previous studies found that older adults failed to produce the types of effective strategies adopted spontaneously by younger adults. For instance, Murphy et al. (1981) found that older adults increased their study time less than younger adults in a recall-readiness task when the task difficulty increased. A similar result was found by Souchay and Isingrini (2004a) who observed that younger adults adjusted their time-allocation strategies to task difficulty at encoding better than older adults. These results suggest that older adults have a metacognitive deficiency in allocating extra study time to a more difficult task. Other studies have reported that older adults demonstrate a weaker relationship between metacognitive judgments (JOL and FOK) and the amount of self-paced study time allocated to various items than younger adults (Dunlosky & Connor, 1997; Souchay & Isingrini, 2004b). One possible explanation for these differences is that older adults may be less likely to coordinate spontaneously the metacognitive judgment and control processes that are required for effective study-time allocation (Souchay & Isingrini, 2004b).

The current study aimed to confirm and extend the results of previous research by examining the effect of age on study-time allocation strategies according to the perceived task difficulty. The subjective difficulty of the learning task was manipulated by asking participants to either generate or read paired associates; several studies on the generation effect conducted in our laboratory (e.g., Tacconat & Isingrini, 2004; Tacconat et al., 2006; Tacconat et al., 2008) found that, although generated words were recalled better than those which were read, both young and elderly participants anticipated that the generation task would be difficult and that they would only be able to recall a few words under that condition. Thus, prior to the learning task, participants did not seem to be aware of the positive generation effect classically observed on memory performance (Slamecka & Graf, 1978; Jacoby, 1978; and see Mulligan & Lozito, 2004, and Tacconat, 2005 for recent reviews). Given these empirical observations that participants thought that generation would lead to poorer memory performance, a negative generation effect on global prediction was expected, with both young and older adults predicting that they would recall fewer generated than read words. Nevertheless, the usual positive generation effect on memory performance was expected in both groups (Tacconat & Isingrini, 2004; Whiting, 2003). In line with studies by Souchay & Isingrini (2004a; 2004b), we used the allocation of study time as a measure of metacognitive control. It was hypothesized that older participants would demonstrate a weaker correlation between the subjective estimation of the task difficulty (global prediction)

and the study time allocated than younger adults, indicating that older adults are less able to adjust their study time to perceived task difficulty.

Method

Participants

Participants were 18 young adults aged 20-36 years (9 women) and 18 older adults aged 60-81 years (10 women). Ethical approval for the research was obtained from the Psychology Department at the University of Tours. All participants were volunteers and gave signed consent forms. They were individually interviewed to exclude those with a history of alcoholism, undergoing treatment for psychiatric illness, or taking psychoactive medication. The older participants lived at home and were recruited from leisure clubs and the Senior Citizens' University. The young participants were either recruited from leisure clubs or were acquaintances of the older participants. In order to minimize any cohort effect, none of the young participants was recruited from higher education institutions. Older adults were also screened on the Mini Mental State Examination (Folstein, Folstein & McHugh, 1975) to identify the onset of degenerative brain disorders and were included in the sample if they scored over 27 points ($M = 28.72$; $SD = 1.12$). Descriptive statistics on age, education, subjective health and vocabulary score (Mill-Hill, Raven, Court & Raven, 1986) are shown in Table 1. There was a significant effect of age on education level, classically observed in the aging literature, and indicating that younger adults have more years of education. No differences between the groups were observed on the Mill-Hill vocabulary test and on the subjective health score measured by a self-reported health scale.

Please insert Table 1 about here

Materials and procedure

The procedure involved two sessions, the first for the read encoding condition and the second for the generation encoding condition. Each session included a practice trial phase, a global prediction phase, a study phase, and a cued-recall test. The second session took place about a week after the first one to avoid interference between the two lists. The generation learning condition was always presented in the second session so that participants would not be tempted to use strategies used for generation in the reading task.

The participants were first presented with a short practice list (five associated word-pairs per learning condition) corresponding to the upcoming learning condition. The words in this list were not included in the critical study-test. The aim of this practice phase was to inform participants about the characteristics of each encoding condition and to enable them to evaluate the difficulty of each task. They were then asked to predict how many items they thought they would recall from a list of forty word pairs on an upcoming cued-recall test. In both experimental conditions, they were then presented with a list of 40 critical cue-target paired associates (e.g., *door-window*). There were thus 80 word pairs altogether, selected from the Lieury, Iff, & Duris (1976) and the Vazou & Isingrini (1994) normed word association lists. The lists were counterbalanced across the encoding conditions (the target items were different in the read and the generation lists) to avoid any learning effect. Participants were asked to read the paired associates or to generate targets aloud in order to check that they were carrying out the task correctly. They were asked to pay attention to the second word of each pair, which they had to memorize for a subsequent test. For the read encoding condition, they were instructed to read aloud each of the 40 cue-target pairs (e.g., *door-window*) as often as they liked and to press a key to move on to the next pair. For the generation encoding condition, they were prompted by the cue word (e.g., *door*) and the first three letters of the target word (e.g., *door-win_ _ _*, for *door-window*). They were instructed to produce the target word from the cue and say it aloud, and told that they could study each pair for as long as they liked and then press the enter key to move on to the next pair. In this way, the participants controlled their own learning time, making it possible to measure their study-time allocation strategy. The study time was measured from the moment the items to be read or the cues and word fragments to be generated appeared up to the moment the participants pressed the enter key to move on to the next item. In this way, the total study time for each encoding condition was recorded, and this time was divided by the total number of items in the list to calculate the mean study time per item. After each encoding task, the participants were given a 1-minute interfering task (making simple additions) to remove any recency effects. This was followed by a cued-recall test of the target words, in which the cues presented at encoding were randomly presented again and the participants were asked to recall the target word (e.g., *door*: ...). Finally, at the end of the second session, participants took the vocabulary test and they were briefed about the purpose of the research.

Scores for the read condition were the total number of correctly recalled words divided by the total number of read words (i.e. 40 words). Scores for the generation condition were

calculated as the total number of correctly recalled words divided by the total number of words actually generated.

The difficulty adjustment index was computed as follows: $[(a - b)/(a+b)]$ (Souchay & Isingrini, 2004a), where a is the study time per item for the generation condition, considered by both age groups to be the most difficult task, and b is the study time for the read condition. This index shows the subject's metacognitive ability to adjust the study time allocated for each item to the perceived task difficulty. It varies between -1 and 1, a higher score indicating better adjustment of study-time allocation to the task difficulty.

Results

The statistical analyses included the scores of global prediction as the total number of words that participants think they will recall divided by the total number of words to be learnt (i.e. 40 words), the study time per item in seconds, and the proportion of correctly recalled words. All data are presented in Table 2.

Please insert Table 2 about here

Age and estimation of task difficulty

To determine whether age affects the ability to estimate task difficulty, we carried out a 2 (age group) x 2 (encoding condition) mixed analysis of variance (ANOVA) on global prediction. Results indicated a main significant effect of age group [$F(1, 34) = 8.33$, $MSE = 223.2$, $p < 0.01$], with older adults predicting that they would recall fewer words than the younger participants. There was a main significant effect of encoding condition [$F(1, 34) = 40.91$, $MSE = 136.9$, $p < 0.001$], participants predicting that they would recall more read than generated words. The interaction between age group and encoding condition was significant [$F(1, 34) = 5.09$, $MSE = 136.9$, $p < 0.05$], with a greater age-related difference for generation, older adults predicting that they would recall significantly fewer generated words in comparison with read words [$F(1, 34) = 37.43$, $p < 0.001$] than the younger adults [$F(1, 34) = 8.56$, $p < 0.01$].

Adjustment of study-time allocation according to the estimation of task difficulty in normal aging

Firstly, we investigated the relationship between the global prediction score under the generation condition, which the participants estimated to be the most difficult, and the difficulty adjustment index. The analysis was conducted for each group separately because of their different results (i.e. there was a significant interaction between age group and encoding condition for the global prediction score). The Bravais-Pearson correlation coefficient revealed a significant negative correlation in the younger group ($r = -0.62$, $p < 0.05$), in contrast to the older group who presented a non-significant correlation ($r = 0.20$, NS). This correlation suggests that the participants who thought that the generation condition was the most difficult were those who adjusted their strategy best by allocating extra study time to learn the items.

To continue this analysis, the mean difficulty adjustment indexes of the two groups were also compared. This index is assumed to reflect the metacognitive ability to adjust study time to perceived task difficulty. The analysis revealed a significant effect of age group [$t(34) = 3.07$, $p < 0.01$], the younger participants adjusting their study time to the perceived task difficulty better than the older adults. Moreover, the difficulty adjustment index for the older group was not reliably different from zero [$t(18) = -0.07$, NS], whereas it was for the younger group [$t(18) = 3.91$, $p < 0.01$].

Finally, to complete these analyses, we explored whether age affects the ability to modify strategies according to perceived task difficulty, we carried out a 2 (age group) \times 2 (encoding condition) mixed ANOVA on study time. There was a significant effect of age group [$F(1, 34) = 39.19$, $MSE = 1.44$, $p < 0.001$], with older adults spending less time studying the words than younger adults, and a main effect of encoding condition [$F(1, 34) = 9.15$, $MSE = 0.63$, $p < 0.01$], with more time spent on study in the generation task. The interaction between age group and encoding condition was significant [$F(1, 34) = 10.70$, $MSE = 0.63$, $p < 0.01$], indicating an increased age-related difference in the time allocated to studying generated words, the young adults studying the words to be generated longer than those to be read [$F(1, 34) = 19.83$, $p < 0.001$], whereas the study time allocated by the older adults did not vary between the two conditions [$F(1, 34) = 0.03$, NS].

These findings support an age-related impairment in the allocation of extra study time to a task perceived as more difficult, because older adults did not adjust their study time according to their subjective estimation of task difficulty.

Effects of Aging and encoding condition on cued recall

A 2 (age group) x 2 (encoding condition) mixed ANOVA was carried out on the memory measure (i.e., proportion of correctly recalled targets). A preliminary analysis of the effects of age group on the number of words generated showed no effect of age on this variable [$t(34) = 0.17$, NS], with the younger group generating 93% (SD = 50) of the target words and the older group generating 93% (SD = 30). Thus, any age-related difference could not be attributed to the participants' ability to generate words. The analysis of variance revealed a main effect of age group, with more words recalled by younger than older adults [$F(1, 34) = 26.30$, $MSE = 246.8$, $p < 0.001$]. A main effect of encoding condition indicated that recall was higher after the generation than the reading task [$F(1, 34) = 19.71$, $MSE = 112.2$, $p < 0.001$]. The non-significant interaction between age group and encoding condition [$F(1, 34) = 1.38$, NS] suggests that the two groups benefited equally from the generation condition to enhance their memory performance.

Discussion

This study was designed to examine the age-related difference in the adjustment of study time to perceived task difficulty. The results showed that: 1) both young and older adults predicted that they would recall fewer words when they learnt them under a generation than a read condition, suggesting that generated words at learning are judged more difficult than read ones; 2) older adults did not modify their study time according to their subjective estimation of task difficulty; and 3) the generation condition allowed all the participants to improve their memory performance.

The global prediction ratings show that, after a trial phase under both encoding conditions, participants thought that it would be more difficult to learn generated than read words. The cues that participants had at their disposal during the prediction phase were the time they had taken to generate and read words during the practice trials and the ease of carrying out the tasks. This enabled them to identify the items which were easy and those which were difficult to learn on the basis of experience (e.g., Dunlosky & Hertzog, 2000; Finn & Metcalfe, 2007; Scheck & Nelson, 2005). Consequently, we can assume that the participants, and especially the younger adults who spent longer generating than reading, may have thought that generation, which required more time, was more difficult and therefore less efficient for recall than reading. This result can be explained by the *encoding fluency hypothesis* (Hertzog et al., 2003), which states that the more quickly and easily an encoding

process is achieved, the greater the subjective probability that this process will result in retention and subsequent recall. Both the younger and the older adults predicted that they would recall fewer of the words which they had generated. Consequently, the results obtained in both groups, and more particularly in the younger group, could in part be explained by this hypothesis, as participants might have based their judgment of future recall performance on a subjective theory about how the ease of generating targets at study relates to memory performance. This outcome is partly in line with Robinson et al.'s (2006) findings, which indicated that older and younger adults use similar cues to produce metacognitive judgments. Although older adults perceived the generation condition as being more difficult than the younger adults did, which can be partly explained by a low memory self-efficacy in the older participants (Bandura, 1989), they might have used the same difficulty cues as younger adults to evaluate the two learning tasks, such as the ease of carrying out them.

However, our results do not corroborate those of Matvey et al. (2001) with regard to the generation effect on metacognitive judgments. In that study, the authors found that participants considered that memory was enhanced more by generating than reading targets. This discrepancy might be due to the difference in the method used to assess metacognitive judgment. In Matvey et al.'s (2001) study, participants were instructed to make a JOL on each studied item. This meant that they could make an on-going evaluation of the efficacy of learning by generating rather than reading throughout the learning phase, and therefore readjust their judgment. By contrast, in the present study, participants' judgment of future recall performance was elicited solely before the encoding condition and was therefore made on the basis of the practice trial phase, which did not include practice trials for the cued-recall test. Therefore, they could not make an on-going evaluation of the efficacy of the generation task for memory and readjust their judgment of future performance in the recall test. An alternative method would have been to use a postdiction as well as a prediction session. This would have allowed us to examine whether younger and older adults changed their estimation of difficulty within sessions.

Although the generation condition was intentionally presented in the second session so that participants were not tempted to employ strategies used for generation in the reading task, one criticism of the present method could call the validity of our results on the global prediction judgments into question. Indeed, our results must be interpreted with caution, because the score obtained under the generation condition could be partly an effect of the first session on the second. This shift towards underconfidence in metacognitive judgment across study-test trials was first documented by Koriat, Sheffer, and Ma'ayan (2002) and labelled the

underconfidence-with-practice effect (UWP). Here, the lower recall predictions under the generation condition could in part be explained by a UWP effect and not specifically by different cues stemming from the practice trial (i.e. the time and ease of carrying out the practice trial). An alternative method would be to use a single session intermixing generated and read items. It is possible that this would sharpen the perception of differences in difficulty between the two conditions and allow problems associated with order effects to be by-passed. However, this potential design bias does not call into question the validity of our main result confirming the age-related impairment in the use of metacognitive judgment to adapt study time (Dunlosky & Connor, 1997; Souchay & Isingrini, 2004b), because both age groups carried out the experiment under the same conditions.

The other main result was the reliable interaction between age group and encoding condition on study time (a measure of metacognitive control), with older adults taking the same time to study the generated and read targets, even though they considered the generation task to be more difficult, whereas the younger adults spent longer on the generation task. This age-related impairment in metacognitive control is in line with previous studies (e.g., Hertzog & Hultsch, 2000), particularly with regard to the on-going utilization of metacognitive judgments to allocate strategies of study time (Dunlosky & Connor, 1997; Souchay & Isingrini, 2004b). The observation that older adults are not able to adjust their time allocation strategy at encoding to their subjective estimation of task difficulty is also corroborated by the lack of relationship between the index of adjustment to task difficulty and global prediction ratings in the generation condition, whereas a significant correlation was found with the younger group. Nevertheless, this finding must be interpreted with caution, because the index of adjustment might be misleading as a measure of metacognitive control. Indeed, the two encoding conditions might not be directly comparable because they probably do not involve the same processing. Although the results suggest that the older adults did not adjust their study time to perceived task difficulty, it is possible that this index did not capture all the processes involved in the two encoding conditions. Thus, even though older adults spent the same time learning the words under both encoding conditions, it is possible that they adjusted their processing independently of their study time. This index might just reflect the ability to adjust study time, without indicating whether this is used efficiently by implementing different types of processing.

This last assumption is supported by the positive generation effect on memory in both age groups. Although older adults spent less time learning the generated target words than the younger participants, there was a similar generation effect on memory performance. This

result suggests that the positive generation effect on memory might be independent of the time spent studying or generating the target words. This possibility was confirmed by the lack of relationship between the time spent learning the generated words and the number of generated words recalled by both the younger ($r = 0.28$, NS) and the older group ($r = 0.08$, NS). Consequently, study time under the generation condition may not be a relevant strategy and the index of adjustment may not be a relevant measure of metacognitive control, because generating targets probably involves the automatic implementation of an effective elaborative encoding strategy. Accordingly, as older adults spent less time studying the generated items but increased their memory performance as much as their younger counterparts, it would appear that the metacognitive control of older adults is better in that they make more efficient use of their study time.

To examine this possibility, we carried out an additional analysis of variance on a new index corresponding to memory performance divided by the average study time (i.e., an efficiency index). Data are presented in Table 2. In this way, it was possible to examine the ability of both age groups to use study time effectively according to the encoding task. The reliable interaction between age group and encoding condition on this efficiency index [$F(1, 34) = 9.82$, $p < 0.01$] indicates that the younger adults used their study time more effectively than the older participants in the read condition [$F(1, 34) = 5.19$, $p < 0.05$], whereas the age-related difference is not reliable in the generation condition [$F(1, 34) = 1.11$, NS]. Moreover, older adults benefited from the generation condition to use their study time more effectively [$F(1, 34) = 16.84$, $p < 0.001$], whereas younger adults used their study time effectively whatever the encoding condition [$F(1, 34) = 0.10$, NS].

These findings are supported by the environmental support framework (e.g., Craik, 1990), which states that older adults are deficient with respect to the amount of processing resources available to perform cognitive tasks. Specifically, as a result of age-related reduction in these processing resources, older adults are less able to engage in the kinds of self-initiated processes that are important for encoding and/or retrieval, and consequently their memory performance is greatly influenced by the amount of support provided by the physical environment. Self-initiated processes include those engaged at encoding, such as learning strategies allowing new connections to be made between and among items (e.g., generation of semantic associates). In this context, when environmental support is available (and hence the need for self-initiated processing is low), older adults can do very well and enhance their memory performance. Thus, in the present research, during the read encoding condition, the age-related discrepancy in study time might correspond to the difficulty in carrying out

elaborative encoding strategies spontaneously (i.e., the need for self-initiated processing is high), whereas younger adults are able to do so (and hence increase their study time). The generation condition decreased the need for self-initiated processing by providing an effective elaborative encoding strategy, and thus optimized memory performance, independently of the time spent studying. Accordingly, it is possible that older adults were more efficient at generating words, in which case their total study time under the generation condition may have reflected their generating ability.

Although the present results suggest that the older adults used their study time more effectively under a generation condition and hence may have had better metacognitive control, it could also have been an artefact effect due to the very effective and helpful generation condition and to their efficiency at generating targets. Indeed, in spite of the positive generation effect on memory performance, both age groups predicted that they would recall fewer words under the generation condition, suggesting that they were not aware of this effect. Although the younger adults' judgment of future recall was not accurate compared to their actual memory performance, they were consistent in adapting their study-time strategy to their own judgment. Thus, the amount of study time allocated by the younger group, whatever the encoding condition, may reflect their ability to carry out spontaneous elaborative encoding strategies according to their subjective estimation of task difficulty. However, this was not the case for the older adults who spent the same time learning the words under both encoding conditions, although the reading time of older adults has been shown to be slowed (Hartley, 1993). Consequently, whatever the encoding condition, they should have taken longer than younger adults to encode the items if they were using similar encoding strategies. According to the environmental support hypothesis (e.g., Craik, 1990), the generation condition may compensate the age-related decrease in processing resources by reducing the need for self-initiated processing because it provides a relevant elaborative encoding strategy, independent of study time. In this context, the age-related difficulty in adjusting study time according to the estimation of task difficulty did not impair the memory performance because time was not the most relevant strategy under this condition.

In conclusion, a first reading of the present results appears to confirm an age-related impairment in self-initiating the coordination of metacognitive judgment and the control processes required to adapt the allocation of study time to perceived task difficulty (Dunlosky & Connor, 1997; Souchay & Isingrini, 2004b). However, these results must be interpreted with caution because we cannot rule out the possibility that the two encoding conditions used in the present study did not involve exactly the same processes. In this context, the study time

might not be a relevant measure of metacognitive control because it might not capture all the processes implemented by the participants. Thus, these findings raise the possibility that age differences in study time adaption according to the perceived task difficulty may depend on specific features of the experimental tasks and the processes involved. Finally, the results confirm that sufficient environmental support at encoding, decreasing the demand for self-initiated processes, may partly compensate for the reduction in age-related processing resources and age-related memory deficits (Craik, 1990).

Références

Voir références bibliographiques en fin de thèse (à partir de la page 200)

Table 1

Characteristics of participants in the two groups (Means and Standard Deviations)

	Younger (<i>n</i> = 18)	Older (<i>n</i> = 18)	<i>t</i> (34)
Age (Years)	25.22 (3.47)	68.11 (4.89)	
Education (Years)	13.94 (1.73)	11 (2.82)	<i>p</i> < 0.001
Mill Hill (Vocabulary)	25 (3.72)	27.16 (4.39)	
Subjective health	3.83 (.80)	3.91 (.75)	

Table 2

Global prediction, study time per item, difficulty adjustment index, memory performance and efficiency index by age group and encoding condition (Means and Standard Deviations)

	Younger adults (<i>n</i> = 18)	Older adults (<i>n</i> = 18)
<i>Global Prediction (proportion)</i>		
Read condition	0.49 (.12)	0.45 (0.08)
Generation condition	0.38 (.17)	0.22 (0.13)
<i>Study time (in seconds)</i>		
Read condition	5.96 (1.41)	4.79 (0.70)
Generation condition	7.14 (1.25)	4.75 (0.34)
Difficulty adjustment index	0.09 (0.10)	-0.001 (0.08)
<i>Cued-recall (proportion)</i>		
Read condition	0.58 (0.14)	0.36 (0.11)
Generation condition	0.66(0.09)	0.50 (0.16)
<i>Efficiency index</i>		
Read condition	3.96 (0.94)	3.14 (1.13)
Generation condition	3.85 (0.76)	4.25 (1.44)

Expérience 2 :

Déclin de la mémoire épisodique au cours du vieillissement normal : hypothèse d'un déficit des processus stratégiques, rôle des fonctions exécutives et de la métamémoire

Etude 1 : Déficit d'adaptation du temps d'apprentissage lié à l'âge : rôle du support environnemental fourni à l'encodage.

Introduction

Le fonctionnement de la métamémoire repose sur les processus d'évaluation mnésique (i.e., *monitoring*) et sur les processus de régulation mnésique (i.e., *control*). Le processus de *monitoring* permet l'évaluation de différentes informations relatives aux connaissances générales que possède un individu sur sa propre mémoire, l'état actuel de son apprentissage et/ou de sa récupération, et le niveau désiré de mémorisation à atteindre. C'est à partir de l'évaluation de ces informations issue du processus de *monitoring* que le processus de *control* intervient. Le processus de *control* permet l'initiation d'une action, son maintien, son ajustement si nécessaire, ou encore l'arrêt de cette action si le but fixé est atteint. Ces deux processus entretiennent une relation étroite et dynamique puisque les connaissances sur l'état du système mnésique (i.e., *monitoring*) déterminent la mise en œuvre de stratégies (i.e., *control*) permettant l'ajustement du comportement en vue d'atteindre le but fixé. L'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988) illustre cette relation en suggérant que les produits de la phase de *monitoring* influencent la phase de *control*. Par exemple, au moment de l'apprentissage d'une liste de mots, un individu ajustera son temps d'étude selon les jugements qu'il aura effectués sur la difficulté des items. Dans le cadre du vieillissement normal, plusieurs études ont montré que les connaissances métamnésiques (i.e., *monitoring*) étaient épargnées (e.g., Hertzog & Hultsch, 2000) contrairement aux processus de contrôle métamnésique qui étaient particulièrement sensibles aux effets de l'âge (e.g., Souchay & Isingrini, 2004). En outre, les données suggèrent qu'en dépit de la capacité à juger précisément l'état d'un apprentissage, les sujets âgés semblent éprouver des difficultés à utiliser leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1997). Toutefois, cette différence liée à l'âge sur les processus de contrôle métamnésique pourrait être réduite, voire éliminée, si on incite les adultes âgés à se servir de

stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (Dunlosky et al., 2003 ; Murphy et al., 1981 ; Murphy et al., 1987). Les difficultés que présentent les personnes âgées à adapter spontanément leurs stratégies mnésiques à la nature de la tâche et/ou à leurs propres jugements métamnésiques, semblent compatibles avec l'idée que l'âge s'accompagne d'un déficit de traitements auto-initiés (i.e., hypothèse du support environnemental, Craik, 1990). En effet, lorsque les tâches de mémoire fournissent un support environnemental adapté aux personnes âgées, c'est-à-dire celles qui incitent à élaborer un traitement profond, le recours aux traitements auto-initiés décroît et la différence de performance mnésique liée à l'âge diminue, voire est éliminée (e.g., Taconnat & Isingrini, 2004). Compte tenu de la difficulté des adultes âgés à mettre en place spontanément des stratégies d'encodage, il est possible que ces derniers n'ajustent pas leur temps d'étude à la difficulté de la tâche et/ou à leurs propres jugements métamnésiques car ils ne savent pas comment utiliser ce temps supplémentaire. En résumé, la mauvaise coordination entre jugements métamnésiques et processus de *control* ne résiderait pas dans une incapacité à utiliser les informations issues du processus de *monitoring*, mais plutôt dans l'incapacité à adapter un comportement à cause de difficultés d'élaboration spontanée de traitements profonds. Par conséquent, les connaissances métamnésiques n'étant pas altérées par l'âge (e.g., Hertzog & Hulstsch, 2000) et si la tâche de mémoire fournit un support environnemental adapté aux personnes âgées, nous pouvons émettre l'hypothèse que ces dernières seront capables de mettre en place des stratégies d'encodage et ainsi adapter leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche.

L'objectif de cette étude était d'examiner la capacité d'adultes jeunes et âgés à adapter leur temps d'étude selon la difficulté de la tâche lorsqu'un support environnemental leur était ou non fourni durant l'apprentissage. La difficulté de la tâche variait selon le degré d'association des mots (i.e., faiblement associés : difficile vs. fortement associés : facile) et nous permettait de mesurer le processus de contrôle métacognitif, c'est-à-dire la capacité des participants à ajuster leur temps d'étude selon le degré d'association. Nous avons également manipulé le niveau du support environnemental fourni à l'encodage afin d'examiner si les sujets âgés en bénéficieraient pour ajuster leur temps d'étude selon le degré d'association des mots. Ainsi, le support environnemental variait selon trois niveaux ; la première condition (i.e., sans support environnemental) ne fournissait aucune stratégie d'encodage et était proposée comme condition contrôle. La deuxième condition (i.e., support environnemental modéré) fournissait des stratégies d'encodage et permettait de mesurer la capacité des adultes âgés à mettre en place ces stratégies. La troisième condition (i.e., support environnemental élevé)

précisait l'efficacité des stratégies fournies et permettait d'examiner si les adultes âgés en prenant conscience de l'importance d'utiliser des stratégies efficaces ajusteraient leur temps d'étude selon la difficulté. Le dernier objectif de cette étude était de confirmer que les adultes âgés bénéficieraient d'un support environnemental pour diminuer leur déficit en mémoire épisodique.

Méthodologie générale

La méthodologie générale décrite dans cette partie correspond à celle utilisée dans les études suivantes. Ainsi, par souci de clarté et de concision nous ne détaillerons dans les prochaines expériences que les éléments nécessaires à la bonne compréhension de chacune d'entre elles.

Population

Nous avons utilisé la méthode transversale pour rendre compte des effets de l'âge sur les capacités mnésiques, métamnésiques et sur les différentes mesures neuropsychologiques prises en compte. Nos expériences reposent donc sur la comparaison des performances d'adultes jeunes et d'adultes âgés.

Les sujets participant à ces expériences sont issus d'une population tout venant. Ils sont tous volontaires et non rémunérés. Tous les sujets ont déclaré être en bonne santé physique et mentale, et ne pas prendre de médicaments susceptibles d'influencer les fonctions cognitives. Les jeunes adultes constituent le groupe contrôle et sont âgés de 20 à 36 ans. Tous appartiennent à la population active. Les sujets âgés ont tous plus de 60 ans. Tous sont autonomes et vivent à leur propre domicile. Aucun de ces participants ne vit en maison de retraite ou en foyer logement. La plupart de ces sujets âgés peuvent être considérés comme actifs dans le sens où ils ont des activités physiques, sociales, intellectuelles ou ludiques au sein d'associations ou de clubs. De plus, afin de limiter le risque d'inclure des personnes présentant un vieillissement pathologique dans notre population âgée, nous avons évalué leur fonctionnement cognitif global avec le test du Mini Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975; voir annexe 1). Les personnes âgées admises dans ces expériences présentent toutes un score supérieur à 27/30 ($M = 28.78$; $ET = 1.06$) à cette épreuve et ne présentent aucun trouble dépressif mesuré à l'aide de la version abrégée de la

Geriatric Depression Scale (GDS, Brink, Yesavage, Lum, Heersema, Adey, & Rose, 1982 ; voir annexe 2) avec un score inférieur à 6/15 ($M = 1.76$; $ET = 1.43$).

Le principal inconvénient de la méthode transversale pour étudier le vieillissement cognitif est l'effet de cohorte dans la mesure où les participants n'appartiennent pas à la même génération. Afin de minimiser ces effets et que les groupes diffèrent principalement par l'âge, nous avons pris certaines précautions.

Les sujets sélectionnés pour notre travail présentent au minimum huit ans d'études, correspondant au certificat d'étude primaire pour les sujets âgés, afin de nous assurer une base minimale de connaissances scolaires pour tous les sujets. Le niveau de vocabulaire a également été évalué afin d'avoir une autre mesure du niveau culturel. Les tests de vocabulaire rendent compte d'un niveau général de l'intelligence cristallisée et permettent donc d'appréhender le niveau de connaissances générales des sujets. Ainsi, tous les participants ont effectué le test de vocabulaire du Mill-Hill (Deltour, 1993 ; voir annexe 3). Ce test est constitué d'une liste de 34 mots cibles. Pour chaque mot cible, la tâche du sujet est de reconnaître son synonyme parmi six mots proposés. Le score correspond au nombre de bonnes réponses. Les deux groupes d'âge présentent un score moyen équivalent au test du Mill-Hill, mais présentent un niveau d'étude différent. Les caractéristiques de la population sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1
Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants jeunes et âgés

	<u>Sujets Jeunes</u> (n = 61)	<u>Sujets Agés</u> (n = 57)	p
Age	27.36 (3.89)	72.32 (6.98)	
Niveau d'étude	15.16 (2.17)	12.33 (3.46)	***
Mill Hill	28.07 (2.43)	28.79 (3.04)	

*** $p < .001$

Chaque groupe d'âge (sujets jeunes vs. sujets âgés) a été divisé en 3 groupes selon le niveau du support environnemental fourni à l'encodage (sans support vs. support modéré vs. support élevé). Les deux groupes d'âge pour chacune des trois conditions proposant un support environnemental différent présentent un score moyen équivalent au test du Mill-Hill, mais diffèrent par leur niveau d'étude. Les caractéristiques de chacun des 6 groupes sont présentées dans les Tableaux 1a pour la condition sans support, 1b pour la condition avec support modéré, 1c pour la condition avec support élevé.

Tableau 1a

Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants jeunes et âgés pour la condition sans support

	<u>Sujets Jeunes</u> (n = 20)	<u>Sujets Agés</u> (n = 18)	p
Age	28.05 (3.47)	70 (5.57)	***
Niveau d'étude	15.70 (2.81)	11.89 (3.43)	
Mill Hill	27.85 (2.51)	27.94 (3.87)	

***p <.001

Tableau 1b

Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants jeunes et âgés pour la condition avec support modéré

	<u>Sujets Jeunes</u> (n = 21)	<u>Sujets Agés</u> (n = 20)	p
Age	27.90 (4.60)	73.05 (8.28)	*
Niveau d'étude	14.95 (1.86)	12.95 (3.25)	
Mill Hill	28.19 (2.98)	29.15 (3.08)	

*p <.05

Tableau 1c

Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants jeunes et âgés pour la condition avec support élevé

	<u>Sujets Jeunes</u> (n=20)	<u>Sujets Agés</u> (n =20)	p
Age	26.10 (3.29)	73.74 (6.45)	**
Niveau d'étude	14.85 (1.69)	12.11 (3.77)	
Mill Hill	28.15 (1.69)	29.21 (1.87)	

**p <.01

Les caractéristiques de chaque groupe d'âge ont également été contrôlées pour chacun des 3 niveaux du support environnemental fourni à l'encodage. Les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 2a pour les sujets jeunes et dans le Tableau 2b pour les sujets âgés. Aucune différence significative n'a été observée au sein de chaque groupe d'âge.

Tableau 2a

Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants jeunes pour les 3 niveaux du support environnemental

	<u>Sans support</u> (n = 20)	<u>Support modéré</u> (n = 21)	<u>Support élevé</u> (n =20)
Age	28.05 (3.47)	27.90 (4.60)	26.10 (3.29)
Niveau d'étude	15.70 (2.81)	14.95 (1.86)	14.85 (1.69)
Mill Hill	27.85 (2.52)	28.19 (2.98)	28.15 (1.69)

Tableau 2b

Moyennes et écart-types des caractéristiques des participants âgés pour les 3 niveaux du support environnemental

	<u>Sans support</u> (n = 18)	<u>Support modéré</u> (n = 20)	<u>Support élevé</u> (n = 20)
Age	70 (5.57)	73.05 (8.28)	73.74 (6.45)
Niveau d'étude	11.89 (3.43)	12.95 (3.25)	12.11 (3.77)
Mill Hill	27.94 (3.87)	29.15 (3.08)	29.21 (1.87)

Matériel

Au total, 90 mots issus des travaux de Izaute, Larochelle, Morency, & Tiberghien (1996) ont été utilisés, 30 mots cibles et 60 mots indices. Parmi les 60 mots indices, 30 étaient fortement associés aux mots cibles et les 30 autres étaient faiblement associés aux mots cibles. Deux listes de 30 paires de mots ont été constituées, chaque liste était constituée de 15 paires d'items fortement associés (ex : *aquarium* – *dauphin*) et de 15 paires d'items faiblement associés (ex : *aquarium* – *pyramide*). Le degré d'association entre les items cibles et indices était contrebalancé entre les deux listes, ainsi chaque item cible était fortement associé à un indice dans une liste, et faiblement associé à un autre indice dans une autre liste (voir annexe 4). Les deux listes de mots ont été contrebalancées entre les participants et les conditions d'apprentissage. L'ensemble de l'expérience s'effectuait sur ordinateur et le logiciel E-Prime (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002) a été utilisé pour contrôler le déroulement de chaque étape et enregistrer les données de chaque sujet.

Procédure

La procédure était la même quel que soit le niveau du support environnemental fourni à l'encodage et se déroulait de la manière suivante : (1) consigne détaillée de la tâche à effectuer ; (2) phase de familiarisation ; (3) phase d'apprentissage ; (4) tâche interférente d'une minute pour éviter les effets de récence ; et (5) phase de rappel indicé. Pour chacun des 3 niveaux du support, les participants devaient prêter attention à chacune des paires de mots lors de la phase d'apprentissage, mais devaient seulement rappeler le deuxième mot à partir du premier qui leur était de nouveau présenté. On leur précisait qu'ils ne pourraient pas étudier deux fois une même paire de mots, mais que le temps d'étude n'était pas limité et qu'ils décidaient eux-mêmes en appuyant sur la touche *espace* de l'ordinateur quand ils désiraient passer à la paire de mots suivante. De cette manière, les participants géraient eux-

mêmes leur temps d'apprentissage et nous pouvions ainsi mesurer leur capacité d'ajustement du temps à la difficulté de la tâche (i.e., le degré d'association).

Phase de familiarisation

Cette phase avait pour objectif d'informer les participants sur les caractéristiques de chacune des conditions proposant ou non un support environnemental (i.e., sans support vs. support modéré : stratégies d'encodage proposées vs. support élevé : précision de l'efficacité des stratégies d'encodage proposées), de leur permettre d'évaluer la difficulté de la tâche (i.e., le degré d'association des mots), et de les familiariser avec le test de rappel indicé. Ainsi, la phase de familiarisation se déroulait de la manière suivante. On fournissait aux participants la consigne d'apprentissage, puis ils s'entraînaient avec six paires de mots exemples (i.e., 3 paires fortement associés et 3 paires faiblement associés ; voir annexe 4), et finissaient par le test de rappel indicé composé des 6 paires de mots exemples. De cette manière, les sujets étaient placés dans les mêmes conditions que la phase test d'enregistrement. Après la phase de familiarisation et si les sujets n'avaient aucune question sur la procédure, la phase test commençait.

Condition sans support environnemental

Pour cette condition d'apprentissage, les sujets avaient pour consigne de mémoriser chaque paire de mots aussi longtemps qu'ils le désiraient et ceci en vue d'un test de rappel indicé. Après la présentation de chacune des paires de mots et à l'aide du clavier de l'ordinateur, les sujets devaient juger sur une échelle en 6 points la qualité de leur apprentissage pour chacune de ces paires de mots (de 0 : très mauvaise qualité d'apprentissage, à 5 : très bonne qualité d'apprentissage). Cette tâche de jugement de la qualité d'apprentissage a été mise en place dans un souci d'équivalence avec les deux autres conditions d'apprentissage (supports modéré et élevé). Ainsi, les trois conditions d'apprentissage étaient constituées du même nombre d'étape.

Condition avec support environnemental modéré

Dans cette condition, on proposait aux sujets d'utiliser trois types de stratégies d'encodage : la construction de phrases, les répétitions ou la construction d'images mentales (voir Dunlosky & Hertzog, 1998 et Dunlosky et al., 2005 pour une procédure similaire). Pour la construction de phrases, il s'agissait de construire une seule phrase contenant les deux mots

de chacune des paires. Par exemple, pour la paire de mots *dauphin-aquarium*, un sujet pouvait dire « Un dauphin nage dans un grand aquarium ». Pour la stratégie de répétition, on précisait aux sujets qu'ils pouvaient répéter chaque paire autant de fois qu'ils le désiraient. Enfin, pour la construction d'image mentale, il s'agissait d'élaborer une seule image mentale contenant les deux items et de préférence en interaction (e.g., imaginer un dauphin se cogner contre les parois d'un aquarium). Les participants pouvaient également utiliser d'autres stratégies s'ils le désiraient ou aucune. Lors de la phase de familiarisation, trois paires de mots étaient réalisées par l'expérimentateur et pour chaque paire exemple, l'expérimentateur élaborait les trois types de stratégies (e.g., pour *dauphin-aquarium*, un exemple par stratégie). Puis, le participant s'entraînait avec les trois autres paires de mots et pour chacune il devait produire une stratégie et la décrire à haute voix. Ainsi, nous pouvions nous assurer de la bonne compréhension de chacun des participants sur l'utilisation des stratégies. On proposait ensuite une tâche de rappel indicé sur les 6 paires de mots exemples afin que les participants prennent connaissance de la nature de ce test. Finalement, si le sujet n'avait pas de question, la phase test d'enregistrement commençait avec la première paire de mots. Lorsque le sujet avait suffisamment étudié cette paire d'items, il appuyait sur la touche *espace* et apparaissait un nouvel écran sur lequel étaient présentées les quatre modalités d'apprentissage (e.g., 1 : construction de phrase ; 2 : répétition ; 3 : construction d'image ; 4 : autre ; 5 : aucune). Le participant devait préciser quelle stratégie il avait utilisée et la réponse du sujet était enregistrée par l'expérimentateur sur le clavier de l'ordinateur et sur papier. On passait alors à la paire de mots suivante et on répétait les mêmes étapes jusqu'à la trentième paire d'items.

Condition avec support environnemental élevé

La procédure était la même que pour la condition avec support modéré, à la différence que l'on précisait l'efficacité des stratégies proposées. Ainsi, les participants étaient instruits qu'une stratégie de construction d'image était plus efficace qu'une stratégie de construction de phrase, elle-même étant plus efficace qu'une stratégie de répétition et que l'utilisation d'autres stratégies ou même d'aucune représentait le degré d'efficacité le moins élevé pour apprendre des paires de mots (Bower & Winzenz, 1970 ; Richardson, 1998). La phase de familiarisation pour utiliser les stratégies d'encodage se déroulait comme dans la condition avec support modéré, trois paires exemples effectuées par l'expérimentateur et les trois autres par le participant. De plus, pour chaque paire exemple, l'expérimentateur précisait le degré d'efficacité de chacune des stratégies potentiellement utilisables (e.g., en premier la

construction d'image, en deuxième la construction de phrase, en troisième la répétition, puis d'autres stratégies et aucune). La familiarisation avec les six paires de mots terminées, on passait à la familiarisation du test de rappel indicé. Finalement, si le sujet n'avait pas de question, la phase test d'enregistrement commençait avec la première paire de mots. Comme dans la condition précédente, lorsque le sujet avait suffisamment étudié une paire d'items, il appuyait sur la touche *espace*, puis il précisait quelle stratégie il avait utilisée et sa réponse était enregistrée. On passait alors à la paire de mots suivante et on répétait les mêmes étapes jusqu'à la trentième paire d'items.

Rappel indicé

Après avoir effectué une tâche interférente de 1 minute, les performances de mémoire étaient mesurées à l'aide d'un test de rappel indicé. Chaque mot indice était présenté au centre de l'écran dans un ordre différent de celui de la phase d'encodage. A partir de ce mot indice, le sujet avait le temps qu'il souhaitait pour rappeler le mot cible et sa réponse était enregistrée par l'expérimentateur. Puis, un nouvel écran apparaissait (i.e., pour les conditions avec supports modéré et élevé) sur lequel les stratégies proposées à l'encodage étaient de nouveau présentées et le sujet devait préciser s'il avait utilisé une stratégie pour l'apprentissage de cette paire de mots, la réponse était à la fois enregistrée sur l'ordinateur et notée sur papier par l'expérimentateur. On présentait le mot indice suivant et on répétait les mêmes étapes jusqu'au trentième indice.

Mesures de mémoire

Pour chaque niveau du support environnemental, deux mesures de mémoire ont été retenues. La première correspond à la proportion de mots correctement rappelés selon le degré d'association. Par exemple, pour les mots fortement associés, il s'agit du nombre de mots fortement associés correctement rappelés divisé par le nombre total de mots fortement associés à apprendre (i.e., mots fortement associés correctement rappelés / 15 mots fortement associés). La seconde correspond à un indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association que nous avons calculé de la manière suivante : $[(\text{mots fortement associés correctement rappelés} - \text{mots faiblement associés correctement rappelés}) / \text{mots fortement associés correctement rappelés}]$. Cet indice reflète la perte de performance en rappel lorsqu'on passe de l'apprentissage d'associés forts (i.e., condition facile) à

l'apprentissage d'associés faibles (i.e., condition difficile) (voir Taconnat, Clarys, Vanneste, Bouazzaoui, Isingrini, 2007 pour l'utilisation d'un indice similaire).

Mesures du temps d'apprentissage

Le temps d'apprentissage était enregistré à partir du moment où une paire de mots apparaissait à l'écran jusqu'à ce que le sujet décide de passer à la paire suivante et appuie sur la touche *espace* de l'ordinateur. De cette manière, le temps total d'apprentissage selon le degré d'association était enregistré. Afin d'obtenir un temps moyen d'apprentissage par paire d'items, nous avons divisé le temps total d'apprentissage pour les mots fortement et faiblement associés par le nombre total de mots fortement et faiblement associés à apprendre (e.g., temps total pour apprendre les paires de mots fortement associés / 15 paires de mots fortement associés). Sur toutes les mesures de temps d'apprentissage, nous avons effectué une transformation logarithmique afin de s'assurer de la normalité et de l'homogénéité des variances. Par conséquent, toutes les analyses sur le temps d'apprentissage seront effectuées à partir de ces mesures transformées.

Résultats et discussion

Les mesures retenues correspondent au temps d'apprentissage et aux performances de mémoire. Nous avons manipulé l'Age (i.e., sujets jeunes vs. âgés) et le Niveau du support environnemental (i.e., sans support vs. support modéré vs. support élevé) comme facteurs inter-sujets et le Degré d'association (i.e., faiblement vs. fortement associés) comme facteur intra-sujet.

Le principal résultat de cette étude indiquait que les sujets âgés bénéficiaient du support environnemental pour ajuster leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche (i.e., degré d'association), contrairement aux sujets jeunes qui ne modifiaient pas leur temps d'étude quel que soit le niveau du support. En outre, les comparaisons planifiées ont permis de montrer que plus le niveau du support augmentait plus les sujets âgés augmentaient leur temps d'étude des mots faiblement associés. Ces données ont été interprétées selon deux hypothèses, celle du support environnemental (Craik, 1990) et celle du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988). Selon cette dernière hypothèse, la régulation du comportement (i.e., *control*) résulte des jugements métamnésiques (i.e., *monitoring*). Dans le cadre du vieillissement, les études suggèrent qu'en dépit de la capacité à juger précisément l'état d'un apprentissage, les sujets âgés semblent éprouver des difficultés à utiliser leurs

propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1997). En revanche, lorsqu'on incite ces derniers à se servir de stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies, la différence liée à l'âge sur les processus de contrôle métamnésique diminue (Dunlosky et al., 2003 ; Murphy et al., 1981 ; Murphy et al., 1987). Les résultats de notre étude suggèrent que les adultes âgés étaient en effet capables d'évaluer aussi précisément que les sujets jeunes la difficulté de la tâche puisque les deux groupes d'âge augmentaient autant leur temps d'étude dans la condition fournissant des stratégies d'encodage (i.e., support modéré) et dans celle n'en fournissant pas (i.e., sans support). En outre, lorsque l'efficacité des stratégies était précisée, les sujets âgés augmentaient plus que les sujets jeunes leur temps d'étude des mots faiblement associés. Ce dernier résultat semble compatible avec l'idée que l'âge s'accompagne d'un déficit de traitements auto-initiés (i.e., hypothèse du support environnemental, Craik, 1990). Ainsi, compte tenu de leur difficulté à initier spontanément des traitements profonds, il est possible que préciser l'efficacité des stratégies proposées leur a permis d'utiliser de façon optimale leurs jugements métamnésiques parce qu'ils savaient comment utiliser un temps d'étude supplémentaire par la mise en place de stratégies efficaces. Dans le cadre des résultats obtenus pour les performances mnésiques, cette suggestion semble confirmer qu'une mauvaise utilisation des processus métamnésiques peut entraîner des dysfonctionnements de la mémoire aussi importants que ceux entraînés par un déficit touchant directement les opérations spécifiques de la mémoire (Metcalf, 1993). En effet, les comparaisons planifiées ont permis de montrer qu'avec la condition proposant un support élevé, l'effet d'interaction entre l'âge et le degré d'association sur les performances en mémoire n'était pas significatif [$F < 1$], contrairement à la condition proposant un support modéré [$F(1, 39) = 6.02, p < .05$]. Ces résultats suggèrent que fournir des stratégies d'encodage ne suffisait pas aux personnes âgées pour compenser leur déficit d'association (i.e., *ADH*, Naveh-Benjamin, 2000). En revanche, leur fournir des stratégies et les instruire sur l'efficacité de ces stratégies leur a probablement permis d'utiliser correctement leurs jugements métamnésiques pour ajuster efficacement leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche (par la mise en place de stratégies efficaces) et compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique.

Article 2 : Froger, C., Bouazzaoui, B., & Taconnat, L. (soumis). The study-time allocation deficit of older adults: the role of the environmental support at encoding

**The study-time allocation deficit of older adults: the role of the environmental support
at encoding**

Charlotte Froger, Badiâa Bouazzaoui and Laurence Taconnat

UMR-CNRS 6234 CeRCA, Université François Rabelais de Tours, France

Correspondance :

Charlotte Froger

UMR-CNRS 6234 CeRCA

Université François Rabelais

3 rue des Tanneurs, BP 4103

37041 Tours Cedex 1, France

Email address: c.froger@yahoo.fr

Telephone number: +33.2.47.36.81.50

Fax number: +33.2.47.36.81.56

Abstract

The present research evaluated both metacognitive and environmental support accounts of age-related changes in the way study time is adapted to task difficulty. The original aim was to examine whether providing environmental support at encoding would allow older adults to adjust their study time to the task difficulty by using effective encoding strategies. The difficulty of the learning task was manipulated by varying the strength of association of cue-target pairs (i.e., weak vs. strong associates). This allowed us to measure metacognitive control in aging, and specifically the ability to adjust study time according to task difficulty. The level of environmental support at encoding was manipulated in order to examine whether it could be used by older adults to adjust their study time according to the task difficulty. Contrary to the classical literature on the effect of aging on metacognitive control, our results showed that older adults were able to adjust their study time to the task difficulty when environmental support was provided. Moreover, providing encoding strategies and instructing participants about their effectiveness probably allowed older adults to use their monitoring ability optimally and adjust their study time to task difficulty, compensating for their associative memory deficit. These results were interpreted according to both the monitoring-affects-control hypothesis (Nelson & Leonesio, 1988) and the environmental support framework (Craik, 1990).

Keywords: aging, memory, metamemory, study time allocation, encoding strategies

Introduction

Generally, people are more likely to allocate more study time to items that are perceived as being more difficult to learn. This ability to allocate extra study time according to the perceived task difficulty refers to metacognitive control processes. A general premise is that control processes are based on metacognitive monitoring processes (Nelson, 1996). For example, learners' allocation of study time is influenced by their current state of learning, goals for future learning, and beliefs about themselves as learners (Dunlosky & Hertzog, 1998; Metcalfe & Kornell, 2005; Thiede & Dunlosky, 1999). This relationship has been conceptualized in terms of a causal link between metacognitive monitoring and metacognitive control: *the monitoring-affects-control hypothesis* (Nelson & Leonesio, 1988). This aspect of metacognition may mediate memory performance. For instance, if a person feels that an item is not adequately encoded, he or she may choose to continue studying that item or use a specific learning strategy based on the nature of the task. Thus, the idea of control processes is crucial in the memory framework. To be a fully self-regulating learner, an individual must be able to make accurate judgments of their own learning and must also know how to convert those judgments into strategies for study that will produce the best pay-off in terms of learning gains. Research on aging and metacognition has suggested that older adults are capable of accurate encoding and retrieval monitoring, but the available evidence suggests that they may be less likely to use accurate monitoring to regulate learning effectively (see Hertzog & Hultsch, 2000).

In this article, we attempt to improve our understanding of why older adults are impaired in control processes despite unimpaired monitoring. Thus, for the first time we have included in our research the environmental support model (Craik, 1990) and the monitoring-affects-control hypothesis (Nelson & Leonesio, 1988) to examine whether age differences in metacognitive control persist when encoding strategies are provided and when their effectiveness is specified. A number of studies have examined monitoring in aging by using several kinds of measure, and extensive evidence suggests that elementary monitoring of learning may be spared in aging (Connor, Dunlosky, & Hertzog, 1997, and Dunlosky & Hertzog, 2000 for Judgment of learning (JOL) accuracy; Lovelace, 1990; Matvey, Dunlosky, Shaw, Parks, & Hertzog, 2002, and Woo, Schmitter-Edgecombe, & Fancher, 2008 for global prediction accuracy). Moreover, older and younger adults may be very similar in their use of multiple cues to generate metacognitive judgments, for example, mediator production success and encoding fluency (Hertzog, Dunlosky, Robinson, & Kidder, 2003), subjective encoding

latency (Robinson, Hertzog, & Dunlosky, 2006), strength of association (Hertzog, Kidder, Powell-Moman, & Dunlosky, 2002; Lovelace & Marsh, 1985) and level of processing (Bjerman-Copland & Charness, 1994). On the whole, these studies indicate age equivalence in the accuracy of metacognitive monitoring and in the process by which metacognitive monitoring is formed.

However, despite older adults' intact abilities to judge item difficulty accurately or to select items not yet learned for restudy, they do not regulate learning effectively as they fail to produce the types of effective strategies adopted spontaneously by younger adults. For instance, Murphy et al. (1981) noted in a cued-recall readiness task that older adults increased their study time less than younger adults when task difficulty increased. In this procedure, participants were instructed to take as much time as necessary to ensure high recall accuracy and then to signal their readiness to recall. It appeared that younger adults were better at adjusting their study time to task demands than older adults. A similar result was observed by Souchay and Isingrini (2004a). In their study, only younger adults were found to study longer when the task difficulty increased, i.e. the list of words to remember was longer. These results suggest that older adults have a metacognitive deficiency in allocating extra study time to a more difficult task. However, neither Souchay and Isingrini (2004a) nor Murphy and colleagues (1981) measured monitoring of recall directly through metacognitive judgments. Dunlosky and Connor (1997) studied the relationship of monitoring and recall outcomes at trial 'N' to study time allocation at trial 'N+1'. Retrieval monitoring was guided by having individuals make delayed JOLs for all items in a trial prior to the recall test. Optimal utilization of monitoring would be reflected in negative correlations of JOLs with study time of items at the next trial, because individuals should allocate more time and effort to learning items they had not previously mastered. Although older adults showed equivalent relative accuracy of delayed JOLs, their study time allocation had a significantly lower correlation with subsequent study time. These results suggest that older adults do not utilize direct monitoring to allocate study time to the same degree as younger adults. Similar results were observed by Souchay and Isingrini (2004b), confirming that older adults demonstrate a weaker relationship between metacognitive judgments (i.e., Feeling-of-Knowing - FOK) and the amount of self-paced study time allocated to various items than younger adults. Murphy, Schmitt, Caruso, & Sanders (1987) also observed that younger adults tended to rehearse more with tasks of increasing difficulty than older adults. Interestingly however, they showed that instructing older adults about the potential importance of self-testing (i.e., checking their memory before the upcoming test) increased rehearsal, self-testing behaviour and recall

performance. These results suggest that older adults have a metacognitive deficiency in spontaneously producing effective learning strategies for the more difficult task, but in some circumstances they can benefit from instructions to utilize monitoring to guide study behaviour.

This assumption may also be supported by the environmental support framework (Craik, 1990). This model posits that older participants do not spontaneously use processes that assist memorization, but can do so when given appropriate directing tasks. According to this hypothesis, the various operations carried out in a memorization task can be divided into task-driven and self-initiated processing. It is the latter, which requires great attention, which older participants principally lack. This difficulty could be related to a significant reduction in their processing resources, on which these processes are particularly dependent (Rabinowitz, Craik, & Ackerman, 1982). To optimize the memory performance of older participants, it would thus be appropriate to increase the task-driven part of the operations at learning and retrieval by providing environmental support to compensate for this processing deficit (Taconnat & Isingrini, 2004; Taconnat, Clarys, Vanneste, Bouazzaoui, & Isingrini, 2007). In other words, older adults may present difficulties in implementing learning strategies spontaneously, but when the task provides learning strategies, they are able to use them to increase their memory performance. Thus, taking into account the age-related deficit in the self-initiation of encoding strategies, it may be assumed that the reason why older adults do not use the optimal control strategy to allocate more study time to items that remain unlearned or are judged more difficult is that they do not know how to use this extra time. Consequently, in view of older adults' unimpaired monitoring ability (Hertzog & Hulstsch, 2000), we can hypothesise that providing them with environmental support (i.e. encoding strategies) would enable them to use their metacognitive monitoring to adjust their study time to the task difficulty by implementing the encoding strategies provided.

The present research investigated both a metacognitive and an environmental support explanation of study time allocation according to the task difficulty. The difficulty of the learning task was manipulated by varying the strength of association of cue-target pairs (weak vs. strong associates). This allowed us to measure metacognitive control in aging, namely the ability to adjust study time according to the strength of association between the word pairs. Taking into account the unimpaired monitoring of older adults and their deficit in initiating encoding strategies, the level of environmental support at encoding was manipulated in order to examine whether this enabled them to adjust their study time according to the task

difficulty (i.e., the strength of association). Three levels of environmental support were used; the first did not provide encoding strategies and served as the control condition; the second provided encoding strategies and was used to measure the older adults' ability to implement encoding strategies; the third specified the effectiveness of the encoding strategies provided and was used to examine whether making older adults aware of the benefit of effective encoding strategies would enable them to adjust their study time to the task difficulty. The other aim of this study was to examine whether the age-related impairment in episodic memory could be reduced by providing environmental support.

Method

Participants

A total of 61 young adults (age range 20-35 years) and 57 older adults (age range 60-80 years) took part in this experiment. Each age group was randomly divided into three sub-groups and assigned to one of the environmental support conditions (no support, low or high support). For the condition without environmental support there were 20 young adults ($M = 28.05$; $SD = 3.47$) and 18 older adults ($M = 70$; $SD = 5.57$); for the low environmental support condition, there were 21 young adults ($M = 27.9$; $SD = 4.6$) and 20 older adults ($M = 73.05$; $SD = 8.28$) and for the high environmental support condition, there were 20 young adults ($M = 26.1$; $SD = 3.29$) and 19 older adults ($M = 73.73$; $SD = 6.45$). All the participants were French-speaking, gave prior written informed consent and reported themselves to be in good physical and mental health. Individuals were excluded on the following criteria: a history of brain trauma, brain disease, psychiatric disease, alcoholism, or taking medication liable to affect cognitive functioning. In order to minimize any cohort effect, all the older participants lived at home and none of the young participants were recruited from higher education institutions. All participants were screened for their level of formal education and performance on the Mill-Hill vocabulary test (Raven, Court, & Raven, 1986). Older participants were also screened on the Mini Mental State Examination (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) to identify the onset of degenerative brain disorders, and were included in the sample if they scored over 27. The characteristics of each group are presented in Table 1. There was a significant age effect in years of education in all three environmental support conditions, younger adults having more years of education (see Table 1). However, no differences were observed on the Mill-Hill vocabulary test between younger and older adults in any of the three conditions, indicating similar verbal abilities in all groups. Average age, number of years of education and verbal ability were similar within each sub-group.

Please insert Table 1 about here

Design

Within each age groups, two independent variables were manipulated, first the level of the environmental support at encoding: none vs. low vs. high (between subjects), and secondly the strength of association between cue and target: strong vs. weak (within subjects).

Materials and Procedure

The experimental materials consisted of 30 target words and 60 cue words taken from Izaute, Larochelle, Morency, & Tiberghien (1996) and divided into two lists of 30 associated pairs. Each list consisted of 15 weak and 15 strong associate pairs mixed randomly. The strength of association between cues and targets was counterbalanced across lists. Target items remained the same whatever the strength of association; only the cues were modified from one list to another (e.g. *dolphin-aquarium* vs. *pyramid-aquarium*). The two lists were counterbalanced across participants and conditions of environmental support at encoding. A total of six additional word pairs (three weak and three strong associates) were used for practice and were not included in the criterion study-test trials; the same pairs were used for each environmental support condition and for each participant. E-Prime software (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002) was used to display all instructions and items and to record all responses during the experiment. The procedure was the same for all the environmental support encoding conditions and involved detailed instructions about the task, a practice trial phase, a study phase, a 1-minute interfering task to avoid a recency effect, and a cued-recall test. For all the environmental support encoding conditions, participants were asked to pay attention to the second word of each pair, which they had to memorize for a subsequent test. They were told that they could not go back to a previous word pair but could study each word pair as long as they wanted and then press a key to move on to the next pair. In this way, the participants controlled their own learning time, making it possible to measure their study-time allocation. This was followed by a cued-recall test. After attempting to recall the entire list, participants took the vocabulary test and the MMSE. At the end, they were briefed about the purpose of the research.

Practice trial

The aims of the practice phase were to inform participants about the characteristics of the environmental support at encoding (no instructions vs. low: instructions about learning strategies vs. high: instructions about learning strategies provided in their order of effectiveness), to enable them to evaluate the difficulty of the learning task (i.e. strength of association), and also to familiarize them with the nature of the memory test (i.e. cued-recall). Thus, the practice procedure included instructions, six example word-pairs (three weak and three strong associates) and a cued-recall test. In this way, participants were placed in the same context as the criterion study-test. After the practice phase, participants were encouraged to ask questions if they did not understand any aspect of the procedure. If the participants had no questions, the main task began immediately.

No environmental support at encoding

For this condition, participants were simply instructed to study the word pairs and to pay attention to the words placed in second position which they had to memorize for a cued-recall test.

Low environmental support at encoding

For this condition, three main mnemonic strategies were provided: sentence generation, rehearsal and interactive imagery (see Dunlosky & Hertzog, 1998 and Dunlosky, Hertzog, & Powell-Moman, 2005, for a similar procedure). For sentence generation, participants were instructed to make a semantic link between the cue and the target by making up a sentence using the word pair (e.g., for *dolphin-aquarium*, a participant could generate the sentence, “A dolphin swims in a small aquarium”). For rehearsal, participants were instructed to repeat the word pair as many times as they liked. For interactive imagery, participants were instructed to imagine an active picture of the two words (e.g., a mental image of a dolphin swimming in a small aquarium). Participants were informed that they were free to use other learning strategies or none at all. During the practice trial, the experimenter gave an example of each strategy for three word pairs (i.e., a total of nine examples). Then, each participant was given three additional practice word pairs and was asked to generate a strategy and describe it to the experimenter to ensure that they had understood. Following the practice learning phase, cued-recall test was also practiced, allowing participants to become familiar with this task. Finally, if the participants had no questions, study of the critical word pairs began.

High environmental support at encoding

The procedure was the same as for the low environmental support condition, but participants were also instructed about the effectiveness of each encoding strategy according to a hierarchical scale. Thus, participants were told that an interactive imagery strategy was more effective for learning word pairs than a sentence generation strategy, which in turn was more effective than a rehearsal strategy, and that the use of other strategies or no strategy was the least efficient way to learn word pairs (Bower & Winzenz, 1970; Richardson, 1998). As for the low environmental support condition, participants were given examples of each strategy for three word pairs and for each the experimenter specified the level of effectiveness (i.e., first interactive imagery, second sentence generation, third rehearsal strategy, other strategies and no strategy). Participants were then provided with three additional practice word pairs. For each one, they generated a strategy and described it to the experimenter, thus ensuring that they had understood the procedure. Following the learning practice phase, the cued-recall test was also practiced allowing participants to become familiar with this task. Finally, if participants had no questions, study of the critical word pairs began.

Cued-recall test

Memory performance was measured using a cued-recall test of the target words, in which the cues presented at encoding were randomly presented again one at a time on a computer screen and the participants were asked to recall the target word (e.g., *dolphin*: ...). The participants recalled aloud the associated targets and the experimenter typed them on the computer.

Memory measure

Scores for each of the environmental support conditions were the proportion of correctly recalled targets for each strength of association. Thus, for example, for weak associates the score was the total number of correctly recalled weak associates divided by 15 (i.e., the total number of weak associates).

Study time measure

The study time was measured from the moment the word pair appeared to the moment the participants pressed the enter key to pass on to the next word pair. In this way, the total study time for each strength of association was recorded. This time was divided by the total number of weak and strong associates in the list to calculate the mean study time per weak and strong associate.

Results

Study time measure

Our aim was to investigate the effect of environmental support at encoding on the study time allocation during the learning of weak and strong associates in younger and older groups. To this end, we carried out a 2 (Age group: younger vs. older adults) x 3 (Environmental Support: none vs. low vs. high) x 2 (Strength of Association: weak vs. strong) mixed analysis of variance (ANOVA) on study time. Study time data were logarithmically transformed to ensure normality and variance homogeneity. Thus, all analyses and performance included in the next part correspond to transformed study time data. Mean and standard deviations of study time per weak and per strong associates according to the level of environmental support are presented in Table 2 for both age groups.

Please insert Table 2 about here

Analysis of study time allocation showed that younger and older adults spent the same time learning associate pairs [$F(1, 112) = 0.44$, *ns*] and that providing environmental support resulted in an increase in the allocated study time [$F(2, 112) = 9.39$, $p < .001$]. Participants spent more time learning the words with low [$F(1, 112) = 17.95$, $p < .001$] and high [$F(1, 112) = 8.75$, $p < .01$] environmental support than without environmental support. There was no difference between low and high environmental support [$F(1, 112) = 1.56$, *ns*]. Participants spent longer learning weak than strong associates [$F(1, 112) = 254.09$, $p < .001$]. The interaction between these three factors (i.e., Age Group, Environmental Support and Strength of Association) was significant [$F(2, 112) = 6.65$, $p < .01$], showing that older adults increased their study time to learn weak associates when environmental support was provided [$F(2, 54) = 6.86$, $p < .01$], whereas their younger counterparts did not [$F(2, 58) = 1.50$, *ns*]. The interaction between age group and environmental support was significant [$F(2, 112) = 8.06$, $p < .001$], indicating that the allocated study time differed according to the level of the environmental support only in the older group. More specifically, older adults allocated less study time when no environmental support was provided than with low [$F(1, 112) = 26.82$, $p < .001$] and high environmental support [$F(1, 112) = 21.37$, $p < .001$]. However, the allocated study time did not differ between low and high environmental support [$F(1, 112) = 0.25$, *ns*]. On the other hand, the younger group did not modify their study time according to the

environmental support, spending as long learning associate pairs without environmental support as with low [$F(1, 112) = 0.52, ns$] and high environmental support [$F(1, 112) = 0.28, ns$], with no difference between the low and high environmental support conditions [$F(1, 112) = 1.61, ns$]. The interaction between age group and strength of association was not significant [$F(1, 112) = 0.02, ns$], with both groups spending more time studying weak than strong associates. The interaction between environmental support and strength of association was not significant [$F(2, 112) = 2.52, ns$], indicating that, overall, the association strength had similar effects whatever the level of the environmental support provided.

To determine the results of the two-way interaction, analyses of the effects of age group and strength of association were conducted separately for each level of environmental support. Analysis of the study time allocated in the condition without environmental support revealed a significant age effect [$F(1, 36) = 11.02, p < .01$], younger adults spending longer learning associate pairs than older adults. All participants spent longer studying weak than strong associates [$F(1, 36) = 36.50, p < .001$]. The interaction between age group and strength of association was not significant [$F(1, 36) = 2.90, ns$], with both groups increasing their study time for weak associates equally.

Analysis of the allocated study time when low environmental support was provided revealed that younger and older adults spent the same length of time studying associate pairs [$F(1, 39) = 0.70, ns$]. All participants spent longer studying weak than strong associates [$F(1, 39) = 118.53, p < .001$]. The interaction between age group and strength of association was not significant [$F(1, 39) = 0.49, ns$], with both groups increasing their study time for weak associates equally.

Analysis of the study time allocation when high environmental support was provided revealed a significant age group effect [$F(1, 37) = 4.08, p < .05$], showing that older adults spent longer learning associate pairs than their younger counterparts. All participants spent longer studying weak than strong associates [$F(1, 37) = 147.67, p < .001$]. The interaction between age group and strength of association was significant [$F(1, 37) = 12.17, p < .01$]. The difference between the study time of weak and strong associates was greater for the older group [$F(1, 37) = 119.26, p < .001$] than for the younger group [$F(1, 37) = 38.50, p < .001$].

In sum, with regard to previous studies on the effects of type of task on the study time allocated with aging, it is interesting to note that the usual pattern (i.e., older adults unable to allocate extra study time to a more difficult task) was not found when environmental support was provided at encoding. Indeed, increasing environmental support resulted in older adults adjusting their study time to the strength of association better than their younger counterparts,

who did not modify their study time according to the level of environmental support (i.e., without vs. low [$F(1, 112) = 0.32, ns$]; low vs. high [$F(1, 112) = 2.66, ns$]; and without vs. high [$F(1, 112) = 1.10, ns$]). More specifically, the older group spent more time studying weak associates with high than low environmental support [$F(1, 112) = 4.01; p < .05$], which in turn was significantly more effective than the condition without environmental support [$F(1, 112) = 3.83; p < .05$]. These results indicate that when environmental support was provided, older adults allocated extra study time, which may compensate for the task difficulty relating to the weakness of cue-target association.

Memory measures

To explore whether environmental support helped the older adults to enhance their memory performance, a 2 (Age group: younger vs. older adults) x 3 (Environmental Support: without vs. low vs. high) x 2 (Strength of Association: weak vs. strong) mixed ANOVA was performed on memory performance (i.e., the proportion of correctly recalled targets). Table 3 presents the means and standard deviations of memory performance for weak and strong associates according to the environmental support for both age groups.

Please insert table 3 about here

This analysis revealed firstly a main effect of age group [$F(1, 112) = 74.14, p < .001$], with younger adults recalling more words than older adults. A main effect of environmental support [$F(2, 112) = 19.65, p < .001$] indicated that cued-recall performance was better when low [$F(1, 112) = 21.15, p < .001$] and high environmental support [$F(1, 112) = 36.15, p < .001$] was provided than in the condition without environmental support. Participants recalled as many words with low and high environmental support [$F(1, 112) = 2.21, ns$]. A main effect of strength of association [$F(1, 112) = 91.45, p < .001$] indicated that the proportion of strong associates recalled was greater than that of weak associates. The interaction between these three factors was not significant [$F(2, 112) = 1.62, ns$], showing that, overall, environmental support was of equal benefit to younger and older adults in increasing the proportion of weak associates recalled and consequently decreasing the difference between the recall of strong and weak associates. The interaction between age group and environmental support was significant [$F(2, 112) = 2.98, p < .05$], indicating that older adults benefited more than younger adults from environmental support to enhance their memory performance. More specifically, the memory performance of older adults was better with low [$F(1, 112) = 23.75, p < .001$] and high environmental support [$F(1, 112) = 27.47, p < .001$]

than without environmental support. However, the memory performance of the younger adults was better with high environmental support than without environmental support [$F(1, 112) = 10.39, p < .01$]. Neither the younger nor the older adults showed any difference in memory performance when low and high environmental support was provided (i.e., for the younger adults [$F(1, 112) = 2.82, ns$] and for the older adults [$F(1, 112) = 0.19, ns$]). The interaction between age group and strength of association was significant [$F(1, 112) = 9.21, p < .01$], indicating that the performance of elderly adults was more impaired than that of young adults when weak associates were to be learned. In other words, the difference between the proportions of strong and weak associates recalled was greater in the older group [$F(1, 112) = 76.71, p < .001$] than in the younger group [$F(1, 112) = 22.06, p < .001$]. The interaction between environmental support and strength of association was significant [$F(2, 112) = 4.10, p < .05$], indicating that participants were less impaired by the strength of association when the level of environmental support was high (i.e., without vs. high [$F(1, 112) = 8.18, p < .01$]; without vs. low [$F(1, 112) = 1.71, ns$] and low vs. high [$F(1, 112) = 2.55, ns$]).

Discussion

The purpose of this study was to investigate both a metacognitive and an environmental support explanation of how task difficulty affects the allocation of study time. The main new finding is that older adults allocated extra study time to a more difficult task when environmental support was provided. More specifically, when participants knew the effectiveness of the encoding strategies provided, older adults spent longer than younger adults learning the most difficult items.

This new finding is supported by both the environmental support hypothesis (Craik, 1990) and by the monitoring-affects-control hypothesis (Nelson, 1996). According to the latter, the self-regulation of our own behaviour (i.e., control processes) is based on metacognitive knowledge (i.e., monitoring processes). In the aging literature, evidence suggests that despite older adults' intact abilities to judge item difficulty accurately or to select items not yet learned for restudy, they do not regulate learning effectively as they fail to produce the types of effective strategies adopted spontaneously by younger adults (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1997). However the age-related difference in metacognitive control processes decreases, when older adults are provided with encoding strategies or are trained to use them, or when they are instructed about the potential importance of self-testing, (Dunlosky, Kubat-Silman, & Hertzog, 2003; Murphy et al., 1981; Murphy et al., 1987). The results of the present study appear to confirm that older adults are able to judge task difficulty

as accurately as their younger counterparts, because both age groups increased their time studying weak associates similarly in the condition without encoding strategies (i.e., without environmental support) and in the condition providing encoding strategies (i.e., low environmental support). Moreover, when the effectiveness of the encoding strategies provided was specified, older adults increased their study time of weak associates more than younger adults. This finding is supported by the age-related self-initiated processes deficit (i.e., environmental support hypothesis, Craik, 1990). Thus, in view of older adults' difficulty in spontaneously implementing encoding strategies, it is possible that instructing them about the effectiveness of encoding strategies allowed them to use their accurate monitoring ability optimally in order to allocate extra study time. On the other hand, and as expected, younger adults did not modify their study time whatever the level of environmental support. Due to their ability to implement encoding strategies spontaneously, it is possible that they were able to allocate the necessary extra study time to learn more difficult items whatever the level of environmental support provided.

With regard to memory performance, the significant interaction between age group and strength of association shows that the differences in performance between the two groups were greater for weak associates. Although our results must be interpreted with caution because of a ceiling effect in the recall of strong associates in the younger group, this finding is consistent with the associative deficit hypothesis (i.e., ADH, Naveh-Benjamin, 2000). This hypothesis states that a substantial part of older adults' poor episodic memory performance can be explained by their difficulty in creating unrelated attributes-units of an episode into a cohesive unit. In this way, when there is no pre-existing relationship (or only a weak relationship) between cue and target items, integrating this contextual cue with the target item requires self-initiated processing, which is a major deficit in older adults. However, age differences are smaller if the integration of context and target is provided by the pre-existing relationship between the items, as older adults are as capable of using the context to recall target words as younger adults (Craik & Jennings, 1992). Furthermore, the non-significant interaction between age group, level of environmental support and strength of association confirm that the age-related associative deficit can be reduced by providing encoding strategies (see Naveh-Benjamin, Brav, & Levy, 2007 for similar results). These results are in line with a position stating that the associative deficit is partially mediated by a deficiency in producing appropriate strategies (Glisky, Rubin, & Davidson, 2001). Furthermore, Metcalfe (1993) suggested that the memory disorder arising from a deficit in control processes could be as great as that arising from a deficit directly related to specific memory operations. Indeed,

planned comparisons show that the effect of the interaction between age group and strength of association on memory performance was not significant under the high environmental support condition [$F < 1$], in contrast to the condition providing low environmental support [$F(1, 39) = 6.02, p < .05$]. These results suggest that providing older adults with encoding strategies may not be enough on its own to compensate for their associative deficit, but that also instructing them about their effectiveness would help them use their accurate monitoring ability optimally, enabling them to adjust their study time to task difficulty effectively and to compensate for their associative deficit.

To conclude, our main new finding indicates that older adults may benefit from environmental support at encoding to adapt their study time effectively to task difficulty (i.e., strength of association). This result could confirm that aging affects the control of learning but that elementary monitoring of learning may be spared. Older adults may be able to use their accurate monitoring ability but not regulate their learning, by failing to produce effective strategies which are spontaneously adopted by younger adults. Thus, providing older adults with encoding strategies and instructing them about their effectiveness may allow them to use their accurate monitoring ability optimally by enabling them to implement effective strategies to allocate extra study time for the more difficult task. This finding is not in line with other results in the aging literature and raises the possibility that age differences in adapting study time according to task difficulty may depend on specific features of the experimental task and the processes it involves. Finally, our results confirm that providing sufficient environmental support at encoding, thus decreasing the demand for self-initiated processes, may partly compensate for the age-related reduction in processing resources (Craik, 1990) and associative deficit (Naveh-Benjamin et al., 2007).

Références

Voir références bibliographiques en fin de thèse (à partir de la page 200)

Table 1

Characteristics of participants in each environmental support condition

	Environmental support	Younger <i>M (SD)</i>	Older <i>M (SD)</i>	<i>p</i>
Age (in years)	Without	28.05 (3.47)	70 (5.57)	
	Low	27.9 (4.6)	73.05 (8.28)	
	High	26.1 (3.29)	73.73 (6.45)	
Vocabulary	Without	27.85 (2.51)	27.94 (3.87)	
	Low	28.19 (2.97)	29.15 (3.08)	
	High	28.15 (1.69)	29.21 (1.87)	
Formal education (in years)	Without	15.7 (2.81)	11.88 (3.42)	***
	Low	14.95 (1.85)	12.95 (3.25)	*
	High	14.85 (1.69)	12.1 (3.76)	**

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 2

Mean proportions (M) and Standard Deviation (SD) of study time per item transformed logarithmically by the younger and the older participants according to the Environmental Support and Strength of Association.

<i>Environmental Support</i>	<i>Strength of Association</i>	<i>Younger adults</i>	<i>Older adults</i>
Without	Strong associates	1.10 (0.24)	0.92 (0.14)
	Weak associates	1.26 (0.23)	1 (0.19)
Low	Strong associates	1.14 (0.23)	1.20 (0.17)
	Weak associates	1.31 (0.22)	1.35 (0.18)
High	Strong associates	1.09 (0.16)	1.14 (0.15)
	Weak associates	1.21 (0.16)	1.35 (0.14)

Table 3

Proportions of correct words recalled by the younger and the older participants according to the Environmental Support and Strength of Association.

Environmental Support	Strength of Association	Younger adults	Older adults
Without	Strong associates	.85 (.11)	.56 (.28)
	Weak associates	.68 (.23)	.25 (.27)
Low	Strong associates	.89 (.09)	.80 (.10)
	Weak associates	.80 (.19)	.54 (.22)
High	Strong associates	.98 (.29)	.75 (.15)
	Weak associates	.88 (.13)	.63 (.24)

Etude 2 : Hypothèse exécutive du déficit associatif en mémoire épisodique lié à l'âge

Introduction

L'objectif de ce travail consistait également à évaluer la relation entre les performances de mémoire et le fonctionnement exécutif afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle le déficit en mémoire épisodique lié à l'âge serait en partie dû à un déclin des fonctions exécutives. Par ailleurs, le déclin en mémoire épisodique des personnes âgées se caractérise également par un déficit d'association (Chalfonte & Johnson, 1996 ; Naveh-Benjamin, 2000). Celui-ci correspond aux faibles capacités des personnes âgées à former et encoder les traits caractéristiques d'une information au sein d'une même représentation mnésique. En outre, ce déficit d'association est accentué lorsque deux items à encoder ne présentent pas de relation sémantique préexistante. Dans ce cas, il est nécessaire d'initier des stratégies permettant l'intégration de ces deux items au sein d'une même représentation mnésique. Or, l'utilisation de telles stratégies implique le recours aux traitements auto-initiés, difficilement mis en oeuvre par les personnes âgées, et accentue leur déficit en mémoire épisodique (Craik, 1990). En revanche, lorsque deux items présentent une relation préexistante, l'intégration de ces derniers au sein d'une même représentation s'effectue en partie automatiquement, et le déficit en mémoire des personnes âgées est moins important (e.g., Taconnat et al., 2008). Ainsi, le déficit associatif lié à l'âge semble en partie dû à une difficulté à initier les stratégies permettant de créer une certaine unité entre les différents éléments d'une information à mémoriser. Dans ce contexte, lorsque l'on fournit des stratégies d'encodage (e.g., élaboration d'images mentales, de phrases) le déficit associatif lié à l'âge diminue (Naveh-Benjamin et al., 2007). Selon l'hypothèse exécutive-frontale du vieillissement de la mémoire, l'âge n'altère pas directement la mémoire épisodique, mais influence les processus qui « travaillent » avec celle-ci en limitant les aspects stratégiques des processus mnésiques qui opèrent à la fois à l'encodage et à la récupération. De ce fait, l'apprentissage d'éléments ne présentant pas de relation préexistante ou ne présentant pas de relation directement évidente (i.e., paires de mots faiblement associés) et nécessitant le recours à des stratégies pourrait impliquer la mobilisation des fonctions exécutives. Le prochain objectif de ce travail est d'examiner l'implication des fonctions exécutives dans l'apprentissage de paires de mots fortement et faiblement associés. Par ailleurs, les fonctions exécutives sont également impliquées dans les traitements sémantiques lorsque ceux-ci

doivent être initiés par les sujets sans aide environnementale. Par exemple, Taconnat et al. (2006) ont montré à l'aide d'une tâche de rappel libre, que le moindre bénéfice que tiraient les sujets âgés par rapport aux plus jeunes d'une tâche de production de rimes (i.e., traitements sémantiques auto-initiés) était la conséquence de leur plus faible niveau exécutif. De ce fait, faire varier le niveau du support environnemental à l'encodage impliquerait une mobilisation plus ou moins importante des fonctions exécutives. Par exemple, ne fournir aucune stratégie d'encodage inciterait les sujets à les initier spontanément, donc nécessiterait le recours au contrôle exécutif. En revanche, fournir des stratégies d'encodage serait moins susceptible de mobiliser le fonctionnement exécutif puisque les stratégies seraient disponibles et les sujets n'auraient qu'à les appliquer. Ainsi, nous examinerons si la contribution des fonctions exécutives diffère selon le niveau du support environnemental fourni à l'encodage. Par ailleurs, afin de mesurer précisément la part de contrôle exécutif mise en œuvre pour l'apprentissage de paires de mots faiblement associés, nous avons calculé un indice de perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association. Cet indice reflète la perte de performance en rappel lorsqu'on passe de l'apprentissage d'associés forts (i.e., condition facile) à l'apprentissage d'associés faibles (i.e., condition difficile) (voir Taconnat et al., 2007 pour l'utilisation d'un indice similaire). Les données relatives à cet indice sont présentées dans le Tableau 3. L'hypothèse est que plus cet indice est faible plus les sujets ont un niveau exécutif élevé, ce qui leur permettrait de compenser la difficulté que représente l'apprentissage de paires de mots faiblement associés. Finalement, d'autres facteurs explicatifs du vieillissement de la mémoire sont classiquement admis, tels que le ralentissement de la vitesse de traitement (Salthouse, 1996) ou un déficit strict de mémoire plutôt basé sur des processus associatifs et automatiques et sous-tendus par le système temporal hippocampique. Ainsi, nous avons administré à tous les sujets des tests évaluant le fonctionnement exécutif, la vitesse de traitement et la mémoire afin de mesurer dans quelles proportions ces facteurs contribuent à expliquer les performances de mémoire.

Pour résumer les prochains objectifs, nous tenterons : (1) de confirmer que les fonctions exécutives médiatisent les performances de mémoire ; (2) d'examiner si l'implication des fonctions exécutives varie selon le degré d'association des mots ; et (3) d'examiner si l'implication des fonctions exécutives varie selon le niveau du support environnemental fourni à l'apprentissage.

1. Mesures des fonctions exécutives

Wisconsin Card Sorting Test (WCST, Heaton et al., 1993)

Ce test rend compte du fonctionnement exécutif associé aux régions frontales (Raz, Gunning-Dixon, Acker, Head, & Dupuis, 1988). Plusieurs processus sont nécessaires pour réussir ce test : l'élaboration d'un schéma de réponse, le maintien de ce schéma puis l'inhibition de celui-ci et l'élaboration d'un nouveau. Le WCST consiste à classer des cartes en fonction de critères préétablis (couleur, forme, nombre). La tâche du sujet est de trouver le bon critère. Après 10 bons classements consécutifs, le critère de classement change, le sujet doit alors trouver le nouveau critère. Cette version du test comporte 128 cartes (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 1993 ; voir annexe 5), mais il est possible de le réussir sans en utiliser la totalité puisque l'objectif est de réaliser au maximum 6 critères. Les sujets passent ce test sur ordinateur, le logiciel utilisé est E-Prime (Schneider et al., 2002), les réponses sont directement codées et enregistrées. La mesure retenue pour le WCST est le nombre d'erreurs persévératives, qui semble être le plus affectés par l'âge et le plus représentatif du fonctionnement exécutif (Bryan et al., 1999).

Excluded Letter Fluency (ELFT, Bryan, Luszcz, & Crawford, 1997)

Ce test se déroule en deux phases de 60 secondes chacune. Lors de la première phase, les sujets ont pour consigne de produire oralement le plus de mots possible ne contenant pas de *E*. Pour la seconde phase, il s'agit de la même consigne mais avec la lettre *A* (voir annexe 6). Le score pris en compte est la moyenne calculée à partir du nombre de mots fournis sans *E* et du nombre de mots fournis sans *A* (Bryan et al. 1999).

Self Ordered Pointing Task (SOPT, Shimamura & Jurica, 1994)

Les sujets réalisent ce test sur ordinateur et le logiciel utilisé est E-Prime (Schneider et al., 2002). Ce test se déroule en deux phases. Chacune des phases est composée de 16 écrans contenant 16 vignettes et représentant chacune des figures géométriques abstraites (voir annexe 7). La consigne est de sélectionner, à chaque nouvel écran, une vignette qui n'a encore jamais été sélectionnée. La difficulté étant qu'à chaque sélection, les 16 vignettes changent de place. L'objectif est de sélectionner les 16 vignettes sans jamais en sélectionner une plus d'une fois. La mesure retenue correspond à la moyenne calculée à partir du nombre d'erreurs effectuées lors de la première et de la deuxième phase (Bryan et al., 1999).

2. Mesures de vitesse de traitement

Le test des comparaisons de lettres (Salthouse, 1990)

Les sujets doivent traiter un maximum de couples de lettres en trente secondes. Lorsque les deux lettres sont identiques (X-X ou O-O), ils doivent cocher la case “identiques” ; quand les deux lettres sont différentes (X-O ou O-X), ils doivent cocher la case “différents” (voir annexe 8). Le score obtenu est le nombre de bonnes comparaisons effectuées.

Le test des codes (Wechsler, 1981)

On donne aux sujets une feuille de papier sur laquelle 93 cases sont imprimées, chacune d’elles contient un chiffre et un espace à compléter (voir annexe 9). Est inscrit également au-dessus de ces 93 cases une règle de correspondance chiffre-symbole (de 1 à 9), pour chacun des 9 chiffres correspond un symbole géométrique. La consigne est de faire correspondre par écrit le plus de symboles aux chiffres en 60 secondes. On retient comme score le nombre de correspondances correctes.

Le test des symboles (Wechsler, 1981)

Deux groupes de symboles sont disposés sur une ligne (voir annexe 10). Le premier groupe le plus à gauche est composé de deux symboles et le second le plus à droite est composé de 5 symboles. Les sujets doivent décider, en cochant la case appropriée, si oui ou non ils retrouvent au moins un des 2 symboles de gauche dans le groupe de 5. La consigne est de répondre à un maximum d’items en 120 secondes. Le score retenu est le nombre de réponses correctes en 120 secondes.

3. Mesures de mémoire

Le test de Mémoire Logique I et II (Wechsler, 1987)

La tâche des sujets consiste à apprendre deux histoires (voir annexe 11). Ce test est subdivisé en deux parties. Le test de Mémoire Logique I permet d’évaluer le rappel immédiat des histoires. On comptabilise le nombre d’items correctement rappelés. Le test de Mémoire

Logique II évalue le rappel différé des histoires. On comptabilise également le nombre d'items correctement rappelés.

4. Effets de l'âge sur les mesures de fonctions exécutives, de vitesse de traitement, de mémoire et sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association

Les données relatives aux mesures des fonctions exécutives, de vitesse de traitement et de mémoire sont indiquées dans le Tableau 3. L'analyse des comparaisons de moyennes révèle un effet de l'âge sur toutes les mesures. Conformément aux données de la littérature, les sujets âgés ont plus de difficultés que les sujets jeunes à réaliser les tests évaluant les fonctions exécutives. Pour l'épreuve du WCST, les sujets âgés font significativement plus d'erreurs persévératives. Ils fournissent également moins de mots au test de l'ELFT et font plus d'erreurs au test du SOPT. Par ailleurs, les tests de vitesse de traitement mettent en évidence que les sujets âgés traitent significativement moins d'items que les sujets jeunes dans le temps qui leur est imparti, et ceci pour les trois types d'épreuves considérées. Concernant le test de Mémoire Logique, on observe des différences liées à l'âge sur le rappel immédiat et le rappel différé. Enfin, les sujets âgés présentent un indice de perte de performance liée à la diminution du degré d'association significativement supérieur à celui des sujets jeunes, indiquant que le déficit en mémoire épisodique lié à l'âge est plus marqué pour l'apprentissage de paires de mots faiblement associés en comparaison aux mots fortement associés.

Tableau 3

Moyennes et écart-types des sujets jeunes et âgés pour les mesures de fonctions exécutives, de vitesse de traitement et de mémoire

	Jeunes (n = 61)	Agés (n = 57)	t	p
Fonctions Exécutives				
Erreurs persévératives	11.15 (10.23)	21.96 (13)	-5.04	***
ELFT	11.72 (3.69)	9.61 (3.01)	3.40	***
SOPT	1.31 (1.30)	3.47 (1.80)	-7.51	***
Vitesse de traitement				
XO	33.82 (4.54)	24.23 (5.05)	10.86	***
Code	91.23 (17.17)	61.18 (18.39)	9.18	***
Symboles	41.16 (7.34)	27.49 (6.90)	10.40	***
Mémoire				
Mémoire Logique I	31.25 (4.90)	24.09 (6.05)	7.08	***
Mémoire Logique II	29.75 (5.31)	20.03 (6.73)	8.74	***
Indice perte des performances	0.13 (0.20)	0.37 (0.38)	-4.17	***

***p <.001

5. Effets de l'âge sur les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire

6.

Nous avons utilisé des indices composites pour obtenir une mesure globale de chaque facteur en moyennant les notes centrées réduites des scores des variables constituant la mesure des fonctions exécutives, de la vitesse de traitement et de la mémoire. L'analyse des comparaisons de moyennes a mis en évidence un effet de l'âge sur les trois indices. Les données sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4

Moyennes et écart-types des sujets jeunes et âgés pour les indice exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire

	Jeunes (n = 61)	Agés (n= 57)	t	p
Indice exécutif	0.42 (0.51)	-0.42 (0.65)	7.86	***
Indice de vitesse	0.67 (0.55)	-0.70 (0.59)	12.99	***
Indice de mémoire	0.58 (0.69)	-0.60 (0.70)	8.37	***

***p <.001

6. Rôles de l'âge et des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire dans l'explication des performances de mémoire

Pour chaque niveau du support environnemental (i.e., sans support vs. support modéré vs. support élevé), nous avons effectué une analyse corrélacionnelle afin de mesurer l'implication de l'âge, des fonctions exécutives, de la vitesse de traitement et de la mémoire dans les performances de rappel des mots fortement associés et faiblement associés. Par ailleurs, les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence sur les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire entre les trois niveaux du support au sein de chaque groupe d'âge (voir Tableau 5). Enfin, des analyses de régression multiple pour chacun des trois niveaux du support ont été réalisées sur les performances de mémoire.

Tableau 5

Moyennes et écart-types pour les indice exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire chez les sujets jeunes et âgés et selon le niveau du support environnemental

Sujets Jeunes	Sans support (n = 20)	Support modéré (n = 21)	Support élevé (n = 20)	p
Indice exécutif	0.49 (0.54)	0.39 (0.49)	0.38 (0.51)	ns
Indice de vitesse	0.68 (0.54)	0.56 (0.60)	0.75 (0.52)	ns
Indice de mémoire	0.54 (0.65)	0.46 (0.63)	0.75 (0.80)	ns
Sujets Agés	Sans support (n = 18)	Support modéré (n = 20)	Support élevé (n = 19)	p
Indice exécutif	-0.49 (0.70)	-0.55 (0.62)	-0.23 (0.62)	ns
Indice de vitesse	-0.86 (0.57)	-0.66 (0.69)	-0.58 (0.47)	ns
Indice de mémoire	-0.89 (0.93)	-0.47 (0.71)	-0.47 (0.88)	ns

ns : non significatif

Résultats pour la modalité Sans Support Environnemental :

Afin de mettre en évidence une relation entre les performances de rappel (i.e., mots fortement associés vs. faiblement associés), la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de la mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6

Corrélations entre les performances de mémoire, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 38)

	Rappel mots fortement associés	Rappel mots faiblement associés	Indice perte des performances
Age	-.57***	-.65***	.66***
Indice exécutif	.64***	.50**	-.50**
Indice de vitesse	.61***	.67***	-.71***
Indice de mémoire	.73***	.70***	-.69***

p <.01 ; *p <.001

Les résultats montrent que les performances de rappel et l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association sont corrélés à l'âge, aux indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire. Pour le rappel des mots fortement et faiblement associés, les résultats indiquent que plus les sujets sont âgés et moins les performances sont élevées. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, de vitesse de traitement et au test de mémoire logique et plus leurs performances de mémoire sont élevées. Concernant l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association, les résultats indiquent que plus les sujets sont âgés et plus la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est importante. Par ailleurs, moins les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, de vitesse de traitement et au test de mémoire logique et plus la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est importante. Afin d'examiner dans quelles proportions ces quatre facteurs contribuent à expliquer les performances de rappel et la perte des performances liée à la diminution du degré d'association, nous avons effectué une analyse de régression sur le rappel des mots fortement associés et faiblement associés, et sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association.

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots fortement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 32% (p <.001) de la variation des performances de rappel des mots fortement associés. Après le contrôle des trois indices, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice de mémoire explique 53% (p <.001) des performances de rappel des mots fortement associés et l'indice exécutif ajoute 6% (p <.05). L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas de façon significative à expliquer les performances de rappel des mots fortement associés

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 28% ($p < .001$) de la variation des performances de rappel des mots faiblement associés. Après le contrôle des trois indices, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice de mémoire explique 48% ($p < .001$) des performances de rappel des mots faiblement associés et l'indice de vitesse de traitement ajoute 7% ($p < .05$). L'indice exécutif ne contribue pas à expliquer de façon significative les performances de rappel des mots faiblement associés.

Analyse de régression sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 43% ($p < .001$) de la variation de la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association. Après le contrôle des trois indices, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice de vitesse de traitement explique 50% ($p < .001$) de la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association et l'indice de mémoire ajoute 8% ($p < .05$). L'indice exécutif ne contribue pas à expliquer de façon significative la diminution des performances de rappel liée au degré d'association.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Modéré :**7.**

Afin de mettre en évidence une relation entre les performances de rappel (i.e., mots fortement associés vs. faiblement associés), la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7

Corrélations entre les performances de mémoire, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire ($N = 41$).

	Rappel mots fortement associés	Rappel mots faiblement associés	Indice perte des performances
Age	-.43**	-.53***	.36*
Indice exécutif	.48**	.59***	-.40*
Indice de vitesse	.37*	.47**	-.33*
Indice de mémoire	.19	.25	-.15

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Les résultats montrent que les performances de rappel et l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association sont corrélés à l'âge, à l'indice exécutif et à l'indice de vitesse de traitement. Pour le rappel des mots fortement et faiblement associés, les résultats indiquent que plus les sujets sont âgés et moins les performances sont élevées. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et au test de mémoire logique et plus leurs performances de mémoire sont élevées. Concernant l'indice de perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association, les résultats indiquent que plus les sujets sont âgés et plus la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est importante. Par ailleurs, moins les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et de vitesse de traitement et plus la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est importante. Afin d'examiner dans quelles proportions ces trois facteurs contribuent à expliquer les performances de rappel et la perte des performances de rappel liées à la diminution du degré d'association, nous avons effectué une analyse de régression sur le rappel des mots fortement associés et faiblement associés, et sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression.

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots fortement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 18% ($p < .01$) de la variation des performances de rappel des mots fortement associés. Après le contrôle des indices exécutif et de vitesse de traitement, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice exécutif explique 23% ($p < .001$) des performances de rappel des mots fortement associés. L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas à expliquer de façon significative les performances de rappel des mots fortement associés.

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 28% ($p < .001$) de la variation des performances de rappel des mots faiblement associés. Après le contrôle des indices exécutif et de vitesse de traitement, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice exécutif explique 35% ($p < .001$) des performances de rappel des mots faiblement associés. L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas à expliquer de façon significative les performances de rappel des mots fortement associés.

Analyse de régression sur l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 13% ($p < .05$) de la variation de la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association. Après le contrôle des indices exécutif et de vitesse de traitement, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice exécutif explique 15% ($p < .01$) de la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association. L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas à expliquer de façon significative la diminution des performances de rappel liée au degré d'association.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Elevé :

Afin de mettre en évidence une relation entre les performances de rappel (i.e., mots fortement associés vs. faiblement associés), la diminution des performances de rappel liée au degré d'association, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 8.

Tableau 8

Corrélations entre les performances de mémoire, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 39).

	Rappel mots fortement associés	Rappel mots faiblement associés	Indice perte des performances
Age	-.73***	-.55***	.08
Indice exécutif	.47**	.62***	-.35*
Indice de vitesse	.61***	.55**	-.17
Indice de mémoire	.74***	.63***	-.15

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Les résultats montrent que les performances de rappel sont corrélées à l'âge, aux indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire. Pour le rappel des mots fortement et faiblement associés, les résultats indiquent que plus les sujets sont âgés et moins les performances sont élevées. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, de vitesse de traitement et au test de mémoire logique et plus leurs performances de mémoire sont élevées. L'indice de perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association est négativement corrélé à l'indice exécutif. Moins les sujets ont un niveau exécutif élevé et plus la perte des performances de rappel liée à la

diminution du degré d'association est importante. Afin d'examiner dans quelles proportions ces quatre facteurs contribuent à expliquer les performances de rappel et la perte des performances liée à la diminution du degré d'association, nous avons effectué une analyse de régression sur le rappel des mots fortement associés et faiblement associés, et sur la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression.

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots fortement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 54% ($p < .001$) de la variation des performances de rappel des mots fortement associés. Le contrôle de l'indice de mémoire permet de réduire la variance liée à l'âge de 76%. En revanche, la variation liée à l'âge reste significative et explique 13% ($p < .001$) des performances de rappel des mots fortement associés. L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas à expliquer de façon significative les performances de rappel des mots fortement associés.

Analyse de régression sur les performances de rappel des mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 30% ($p < .001$) de la variation des performances de rappel des mots faiblement associés. Après le contrôle des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice de mémoire explique 40% ($p < .001$) des performances de rappel des mots faiblement associés et l'indice exécutif ajoute 12% ($p < .01$). L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas à expliquer de façon significative les performances de rappel des mots faiblement associés.

Analyse de régression sur l'indice de perte de performance liée à la diminution du degré d'association

Les résultats indiquent que l'indice exécutif explique 12% ($p < .05$) de la perte des performances de rappel liée à la diminution du degré d'association.

Discussion

Contrairement à ce que nous avons supposé, le fonctionnement exécutif ne contribue pas à expliquer les performances de rappel lorsqu'aucun support environnemental n'est fourni. Les résultats indiquent que l'indice de mémoire est le principal facteur explicatif, et ceci quel

que soit le degré d'association des mots. Cette condition ne fournissant pas de stratégie, il est possible que les sujets aient eu recours à des méthodes d'apprentissage spontanées, comme la répétition. En effet, dans leur étude Bryan et al. (1999) avaient montré qu'en l'absence de consigne particulière d'encodage, des sujets jeunes et âgés pour apprendre une liste de mots non associés, utilisaient surtout des répétitions. Cette méthode ne permet pas d'améliorer l'apprentissage et limite les performances mnésiques (e.g., Sanders et al., 1980). En répétant les mots, les sujets effectueraient leur apprentissage sur un mode automatique et traiteraient chacun des mots spécifiquement. Dans ce cas, les sujets auraient plutôt recours à des processus associatifs et automatiques, sous-tendu par le système temporel hippocampique, expliquant ainsi la contribution de l'indice de mémoire dans les performances de rappel. En revanche, lorsque des stratégies étaient fournies (i.e., support modéré), l'indice exécutif était le principal facteur explicatif des performances de rappel, quel que soit le degré d'association. Ce résultat suggère que proposer des stratégies aux sujets les inciteraient à mobiliser des processus contrôlés, tels que le fonctionnement exécutif et d'effectuer des traitements plus complexes sur les mots. Plutôt que de traiter spécifiquement chacun des mots, la mise en place de stratégies aurait permis aux sujets d'élaborer une certaine unité entre les mots de chacune des paires. Ce résultat confirme que le fonctionnement exécutif est particulièrement impliqué dans la capacité à mettre en place des stratégies complexes permettant l'amélioration des performances de mémoire.

Par ailleurs, comme nous l'avions supposé, face à des situations non communes comme l'apprentissage de paires de mots faiblement associés, le fonctionnement exécutif est particulièrement sollicité. Ceci peut s'expliquer par la mise en place de stratégies qui permettraient l'intégration des mots au sein d'une même représentation mnésique.

Concernant les résultats obtenus dans la condition avec support élevé, l'indice de mémoire est le principal facteur expliquant les performances de rappel quel que soit le degré d'association des mots. Ce résultat suggère que préciser l'efficacité des stratégies proposées représenterait une aide externe suffisamment adaptée pour diminuer le recours à des processus contrôlés et augmenter la part de processus automatiques. En effet, il est possible que cette condition ait simplifié l'apprentissage en incitant les sujets à utiliser principalement les stratégies les plus efficaces et traiter ainsi les mots plus facilement. Le fait que l'indice exécutif explique également une part de la variation des performances de rappel des mots faiblement associés confirme le rôle déterminant du contrôle exécutif dans des situations non communes où les sujets ne peuvent pas baser entièrement leur apprentissage sur des processus automatiques.

Finalement, concernant l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association, nous l'avons calculé afin de déterminer la contribution des fonctions exécutives spécifiquement liée à l'apprentissage de mots faiblement associés en comparaison à l'apprentissage des mots fortement associés. L'hypothèse était que plus les sujets auraient un niveau exécutif élevé plus cet indice serait faible, reflétant ainsi la part de contrôle exécutif mise en œuvre pour apprendre des mots faiblement associés. Dans la condition ne proposant aucune stratégie (i.e., sans support), la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est principalement expliquée par l'indice de vitesse de traitement. Ce résultat est compatible avec l'idée que les sujets auraient plutôt effectué leur apprentissage sur un mode associatif et automatique. En revanche, dans les conditions proposant des stratégies et précisant leur efficacité, la perte des performances liée à la diminution du degré d'association est expliquée par l'indice exécutif. Ces résultats suggèrent que les traitements supplémentaires élaborés pour l'apprentissage des mots faiblement associés étaient directement dépendants du fonctionnement exécutif des sujets.

En résumé, le fonctionnement exécutif semble particulièrement impliqué dans les situations où les sujets ont recours à des processus contrôlés. Ici, ces situations correspondent à la condition fournissant des stratégies d'encodage (i.e., support modéré) et à l'apprentissage de paires de mots faiblement associés. La part de contrôle exécutif dans l'élaboration de traitements supplémentaires pour l'apprentissage d'associés faibles est directement mise en évidence par les résultats obtenus avec l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association. Par ailleurs, les résultats de la précédente étude (expérience 2, étude 1) avaient montré que préciser l'efficacité des stratégies fournies à l'encodage permettait aux sujets âgés d'augmenter leur temps d'étude des mots faiblement associés et de compenser leur déficit d'association en mémoire épisodique. En revanche, ces derniers résultats ne nous permettaient pas de savoir comment les sujets jeunes et âgés utilisaient ce temps d'étude supplémentaire. Aussi, le prochain objectif sera d'examiner la répartition des stratégies utilisées par chacun des groupes d'âge selon le niveau du support et le degré d'association. Finalement, nous tenterons de déterminer quels facteurs, parmi l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire contribuent à expliquer la variation de l'utilisation de stratégies d'apprentissage.

Etude 3 : Déclin de la mémoire épisodique lié à l'âge : hypothèse d'un déficit de production des stratégies à l'encodage

Introduction

Dans le cadre des études sur la métamémoire, certains auteurs admettent qu'un déficit des processus de contrôle métamnésique puisse déboucher sur des dysfonctionnements de la mémoire aussi importants que ceux entraînés par un déficit touchant directement les opérations spécifiques de la mémoire (Metcalf, 1993), en ce sens que la métamémoire peut être définie comme système de contrôle ou de régulation du fonctionnement mnésique (Fernandez-Duque, et al., 2000 ; Souchay et al., 2000). En effet, de nombreux travaux ont montré que les personnes âgées éprouvaient à la fois des difficultés au niveau de la planification, c'est-à-dire dans la mise en place de plans d'actions pour la réalisation de la tâche, et au niveau du contrôle puisqu'elles présentaient également des difficultés à modifier leurs stratégies en fonction de leurs propres jugements métamnésiques durant la réalisation de la tâche (Dunlosky & Hertzog, 1997 ; Murphy et al., 1981 ; Sanders et al., 1980 ; Souchay & Isingrini, 2004a, 2004b). Néanmoins, il semblerait que cette différence liée à l'âge sur les processus de contrôle métamnésique puisse être réduite voire éliminée, si on incite les adultes âgés à se servir de stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (Dunlosky et al., 2003 ; Murphy et al., 1987). Les résultats obtenus de l'expérience 2 semblent en effet confirmer que la différence liée à l'âge sur les processus de contrôle (i.e., allocation du temps d'apprentissage) puisse être réduite lorsque la consigne incite les sujets âgés à utiliser des stratégies (i.e., avec le support modéré), voire éliminée lorsque l'on précise l'efficacité de ces stratégies (i.e., avec le support élevé). Ainsi, fournir des stratégies d'encodage semble permettre aux sujets âgés de mieux ajuster leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche. Néanmoins, ce temps supplémentaire ne semble pas avoir été utilisé assez efficacement pour compenser leur déficit en mémoire épisodique car la différence jeune-âgé liée au degré d'association reste significative. Au contraire, lorsque l'efficacité des stratégies d'encodage leur était précisée (i.e., support élevé), les sujets âgés augmentaient plus que les sujets jeunes leur temps pour l'étude des mots faiblement associés et l'effet d'interaction entre l'Age et le Degré d'association sur la performance mnésique n'était plus significative. Ce dernier résultat suggère que préciser l'efficacité des stratégies a permis aux sujets âgés d'ajuster efficacement leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche parce qu'ils avaient des stratégies

d'encodage à disposition et savaient également quelles stratégies étaient les plus efficaces pour réaliser un apprentissage dans des conditions optimales. De ce fait, la prochaine analyse a pour objectif d'examiner si les deux groupes d'âge utilisent leur temps d'étude de la même manière. Ainsi, nous analyserons la distribution des stratégies utilisées chez les sujets jeunes et âgés selon le niveau du support environnemental et le degré d'association des paires de mots.

Méthode

La population et le matériel ont déjà été décrits dans la partie méthodologie générale. Concernant la procédure nous la rappellerons globalement, mais nous insisterons davantage sur la méthode de recueil des stratégies utilisées à l'encodage. La procédure était la même quel que soit le niveau du support environnemental fourni à l'encodage et se déroulait de la manière suivante : (1) consigne détaillée de la tâche à effectuer ; (2) phase de familiarisation d'apprentissage et de rappel indicé ; (3) phase d'apprentissage en temps libre ; (4) tâche interférente d'une minute pour éviter les effets de récence ; et (5) phase de rappel indicé.

Condition avec support environnemental modéré : Dans cette condition, on proposait aux sujets d'utiliser trois types de stratégies d'encodage : la construction de phrases, les répétitions ou la construction d'images mentales (voir Dunlosky & Hertzog, 1998 et Dunlosky et al., 2005 pour une procédure similaire), mais ils pouvaient également d'autres stratégies ou même aucune. Lors de la phase d'apprentissage et après la présentation de chaque paire de mots, les sujets devaient préciser s'ils avaient utilisé ou non une stratégie d'encodage. Un écran était destiné à cet effet sur lequel les cinq catégories de réponses apparaissaient dans l'ordre suivant : (1) construction de phrase ; (2) répétition ; (3) construction d'image ; (4) autre stratégie ; et (5) aucune. Le participant donnait sa réponse et l'expérimentateur l'enregistrait à l'aide du clavier de l'ordinateur et sur papier. On passait alors à la paire de mots suivante et on répétait les mêmes étapes jusqu'à la trentième paire d'items.

Condition avec support environnemental élevé : La procédure était la même que pour la condition avec support modéré, à la différence que lorsque les sujets devaient préciser s'ils avaient utilisé une stratégie, l'ordre dans lequel apparaissaient les cinq catégories de réponses correspondait au degré d'efficacité des stratégies proposées : (1) construction d'image ; (2) construction de phrase ; (3) répétition ; (4) autre stratégie ; et (5) aucune.

Résultats

Les résultats correspondant aux proportions des stratégies utilisées sont présentés dans le Tableau 9. Pour chaque participant, la somme des proportions des cinq catégories de réponses concernant les stratégies utilisées était égale à 1 et créait une dépendance entre les cinq modalités de cette mesure, entraînant l'analyse statistique impossible. Pour cette raison, nous avons exclu de l'analyse la modalité « aucune » stratégie utilisée, et avons retenu les quatre autres modalités : élaboration d'images, de phrases, de répétitions et d'« autres » stratégies (voir Dunlosky et al., 1998 pour une méthode similaire). Ainsi, une ANOVA avec l'Age (i.e., sujets jeunes vs. âgés) et le Niveau du support environnemental (i.e., support modéré vs. support élevé) en facteurs inter-sujets, et le Degré d'association (i.e., mots faiblement associés vs. fortement associés) et le Type de stratégie utilisée (i.e., images vs. phrases vs. répétitions vs. « autres ») en facteurs intra-sujets a été réalisée sur la proportion de stratégies utilisées. La variable dépendante (i.e., proportion de stratégies utilisées) correspond au nombre de fois qu'un participant a utilisé un type de stratégie pour étudier des paires de mots faiblement associés ou fortement associés divisé par le nombre total de paires de mots à apprendre (e.g., nombre d'images utilisées pour étudier les paires de mots faiblement associés / 15).

Tableau 9

Proportions de stratégies utilisées par les sujets jeunes et âgés selon le niveau du support et le degré d'association

Sujets jeunes (n = 41)						
Niveau du support	Degré d'association	Images M (ET)	Phrases M (ET)	Répétitions M (ET)	« Autres » M (ET)	Aucune M (ET)
Support modéré	Fortement	0.60 (0.27)	0.19 (0.23)	0.08 (0.08)	0.14 (0.19)	0
	Faiblement	0.51 (0.27)	0.16 (0.16)	0.21 (0.20)	0.11 (0.12)	0.02 (0.05)
Support élevé	Fortement	0.80 (0.20)	0.08 (0.14)	0.03 (0.03)	0.10 (0.16)	0
	Faiblement	0.80 (0.16)	0.07 (0.10)	0.11 (0.14)	0.03 (0.04)	0
Sujets âgés (n = 39)						
Niveau du support	Degré d'association	Images M (ET)	Phrases M (ET)	Répétitions M (ET)	« Autres » M (ET)	Aucune M (ET)
Support modéré	Fortement	0.50 (0.29)	0.41 (0.32)	0	0.10 (0.13)	0
	Faiblement	0.25 (0.22)	0.37 (0.30)	0.15 (0.18)	0.09 (0.11)	0.15 (0.20)
Support élevé	Fortement	0.70 (0.29)	0.22 (0.26)	0.01 (0.02)	0.08 (0.14)	0
	Faiblement	0.49 (0.30)	0.21 (0.25)	0.09 (0.14)	0.05 (0.07)	0.17 (0.24)

Les résultats indiquent que les sujets jeunes utilisent plus de stratégies que les sujets âgés [$F(1, 76) = 18.59, p < .001$]. L'effet du niveau du support n'est pas significatif [$F < 1$] indiquant que les sujets utilisent autant de stratégies quel que soit le niveau du support. L'effet du degré d'association est significatif [$F(1, 76) = 23.25, p < .001$] et indique que les sujets utilisent plus de stratégies pour étudier les mots fortement associés que les mots faiblement associés. L'effet du type de stratégie est significatif [$F(3, 228) = 116.4, p < .001$], indiquant que les sujets utilisent par ordre de préférence les images [$F_s(1, 76) > 63.56, p < .001$], les phrases [$F_s(1, 76) > 23.88, p < .001$] et autant les répétitions et d'« autres » stratégies [$F(1, 76) < 1$]. L'interaction entre l'âge, le niveau du support, le degré d'association et le type de stratégie n'est pas significative [$F(3, 228) < 1$]. Les sujets jeunes et âgés bénéficient autant du support élevé pour augmenter l'utilisation de la stratégie la plus efficace (i.e., images) et diminuer l'utilisation des stratégies moins efficaces (i.e., phrases, répétitions, « autres ») et ceci quel que soit le degré d'association.

L'interaction entre l'âge et le type de stratégie est significative [$F(3, 228) = 13.10, p < .001$] indiquant que la répartition des stratégies utilisées est différente selon le groupe d'âge.

Les sujets jeunes utilisent plus d'images que les sujets âgés [$F(1, 76) = 17.04, p < .001$], tandis que les sujets âgés utilisent plus de phrases que les sujets jeunes [$F(1, 76) = 14.26, p < .001$]. Aucune différence liée à l'âge n'est significative pour l'utilisation des répétitions et de la catégorie « autres » stratégies [$F_s < 3.2$]. L'analyse de l'effet du type de stratégie utilisée au sein de chaque groupe d'âge indique que les sujets jeunes utilisent surtout des images en comparaison avec toutes les autres stratégies [$F_s > 75.87, p < .001$] (i.e., phrases = répétitions = « autres » [$F_s < 1$]), tandis que les sujets âgés utilisent d'abord des images [$F_s > 6.98, p < .05$], puis des phrases [$F_s > 38.92, p < .001$] et autant de répétitions et d'« autres » stratégies [$F < 1$].

L'interaction entre l'âge et le degré d'association est significative [$F(1, 76) = 19.01, p < .001$], indiquant que la différence liée à l'âge sur la proportion de stratégies utilisées n'est significative que pour l'étude des mots faiblement associés. Les comparaisons planifiées ont montré que les deux groupes de sujets utilisaient autant de stratégies pour étudier les mots fortement associés [$F < 1$], tandis que pour étudier les mots faiblement associés les sujets jeunes utilisaient plus de stratégies que les sujets âgés [$F = 18.99, p < .001$]. L'analyse de l'effet du degré d'association au sein de chaque groupe d'âge indique que les sujets jeunes utilisaient autant de stratégies quel que soit le degré d'association des mots [$F < 1$], tandis que les sujets âgés utilisaient plus de stratégies pour étudier les mots fortement associés en comparaison aux mots faiblement associés [$F = 41.12, p < .001$].

L'interaction entre le degré d'association et le type de stratégie est significative [$F(3, 228) = 15.36, p < .001$] indiquant que la répartition des stratégies utilisées est différente selon le degré d'association. Les images [$F(1, 76) = 18.28, p < .001$] et la catégorie « autres » stratégies [$F(1, 76) = 4.55, p < .05$] sont plus utilisées pour étudier les mots fortement associés, tandis que les répétitions sont plus utilisées pour étudier les mots faiblement associés [$F(1, 76) = 37.37, p < .001$]. La proportion d'utilisation de phrases ne diffère pas selon le degré d'association [$F = 1.67, ns$]. Les comparaisons planifiées ont également montré que pour étudier les mots fortement associés, les sujets utilisaient par ordre de préférence les images [$F_s > 56.55, p < .001$], les phrases [$F_s > 11.08, p < .01$], d'« autres » stratégies et les répétitions [$F = 17.37, p < .001$]. Pour étudier les mots faiblement associés, les sujets utilisaient en priorité les images [$F_s > 46.8, p < .001$], puis autant les phrases que les répétitions [$F = 2.93, ns$] et la catégorie « autres » stratégies [$F_s > 9.97, p < .01$].

L'interaction entre le niveau du support et le type de stratégie utilisée est significative [$F(3, 228) = 13.67, p < .001$] et indique que les sujets ont bénéficié du support élevé pour augmenter la proportion d'images utilisées [$F(1, 76) = 21.99, p < .001$] et diminuer leur

utilisation de phrases [$F(1, 76) = 8.66, p < .01$], de répétitions [$F(1, 76) = 5.44, p < .05$] et d'« autres » stratégies [$F(1, 76) = 3.47, p < .05$].

L'interaction entre l'âge, le degré d'association et le type de stratégie utilisée est significative [$F(3, 228) = 2.69, p < .05$] et indique que les effets de l'âge et du degré d'association interagissent essentiellement sur la proportion d'images utilisées [$F(1, 76) = 6.89, p < .05$] (pour les autres stratégies [$F_s < 1$]). En effet, les sujets jeunes utilisaient autant d'images quel que soit le degré d'association des paires de mots [$F = 1.39, ns$], tandis que les sujets âgés utilisaient plus d'images pour étudier les mots fortement associés en comparaison avec les mots faiblement associés [$F(1, 76) = 23.23, p < .001$].

Discussion

Dans l'expérience 2, les analyses sur les performances en mémoire et sur le temps suggéraient que préciser l'efficacité des stratégies fournies à l'encodage avait permis aux sujets âgés de d'ajuster leur temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche et de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Toutefois, les analyses de l'expérience 2 ne nous permettait pas de savoir comment les deux groupes d'âge avaient utilisé leur temps d'étude. Aussi avons-nous examiné dans cette expérience la répartition et le type de stratégies utilisées par les deux groupes d'âge selon le degré d'association et le niveau du support. Les résultats ont mis en évidence un effet global de l'âge sur l'utilisation de stratégies, indiquant que les sujets âgés utilisaient moins de stratégies d'encodage que les sujets jeunes. En outre, les sujets âgés ont eu moins recours à l'élaboration d'images que les sujets jeunes, mais ont plus utilisé la stratégie de construction de phrases (e.g., Bryan et al., 1999 ; Dunlosky & Hertzog, 2001). En accord avec le déficit associatif lié à l'âge (Chalfonte & Johnson, 1996 ; Naveh-Benjamin, 2000), les sujets âgés présentaient plus de difficultés à initier des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés, contrairement aux sujets jeunes qui ne subissaient pas l'effet du degré d'association sur la production de stratégies. En outre, l'effet du degré d'association était plus important pour l'élaboration d'images, confirmant la plus grande difficulté des sujets âgés à élaborer des images mentales (e.g., Bruyer & Scailquin, 2000 ; Dror & Kosslyn, 1994). Toutefois, lorsque l'efficacité des stratégies était précisée, les deux groupes de sujets semblent avoir autant bénéficié de cette information pour augmenter l'utilisation de la stratégie la plus efficace et diminuer l'utilisation des stratégies les moins efficaces. Ce résultat confirme que fournir un support environnemental adapté aux personnes âgées leur permet de compenser leur déficit de traitements auto-initiés et d'adapter leurs

stratégies d'apprentissage à la difficulté de la tâche. A partir des résultats obtenus par Bryan et al. (1999) et Dunlosky et al. (1998, 2005), l'autre objectif de ce travail était de déterminer quels facteurs, parmi les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, contribuaient à mettre en place des stratégies d'encodage.

Etude 4 : Rôle de l'âge et des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire dans l'explication de la production de stratégies d'encodage

Introduction

Selon l'hypothèse exécutivo-frontal, le vieillissement entraîne une altération des processus de sélection et de mise en œuvre des stratégies d'encodage et de récupération qui permettent l'optimisation du fonctionnement de la mémoire épisodique. Ce modèle suggère donc que le déficit de fonctionnement exécutivo-frontal lié à l'âge limite les aspects stratégiques des processus mnésiques et médiatiserait le déficit en mémoire épisodique lié à l'âge. En effet, le déficit en mémoire épisodique observé chez les personnes âgées pourrait en partie s'expliquer par la diminution de leur fonctionnement exécutif entraînant des difficultés dans la mise en place de stratégies d'encodage, telles que l'organisation sémantique (e.g., Tacconnat et al., 2009), l'adaptation du temps d'apprentissage à la difficulté de la tâche (Souhay & Isingrini, 2004a). De façon intéressante, des études réalisées en neuroimagerie ont montré que les traitements sémantiques contrôlés non dirigés par la tâche (Logan et al., 2002) et les processus d'organisation spontanée (Kramer et al., 2005) étaient sous-tendus par le cortex préfrontal, ce qui confirme l'implication de cette région dans la mise en œuvre de stratégies d'encodage en mémoire épisodique. Globalement, les données montrent que le faible niveau de fonctionnement exécutif des sujets âgés médiatise leur déficit d'utilisation de stratégies d'encodage, conduisant à un déclin de la mémoire épisodique (Bryan, et al., 1999). Par ailleurs, Rabbit (1997) suggérait que le contrôle exécutif était nécessaire lors de la réalisation de tâches nouvelles, pour lesquelles l'individu ne dispose pas d'un plan d'action préalable et qui ne peuvent être menées à bien en se basant uniquement sur des routines d'action fortement automatisées. Dans ce contexte, l'apprentissage de paires de mots faiblement associés représenterait une situation nouvelle puisque ces deux items n'entretiennent pas de relation préexistante évidente. Aussi, pour faciliter et optimiser leur apprentissage, les individus devront utiliser des stratégies permettant de relier ces deux items au sein d'une représentation, leur conférant ainsi une certaine unité. Au contraire, l'apprentissage de paires de mots fortement associés devrait s'effectuer sur un mode plus automatique puisque ces deux items sont déjà intégrés au sein d'une unité (i.e., lien sémantique) et les individus devraient avoir moins besoin de mettre en place des stratégies d'encodage. Par ailleurs, les fonctions exécutives sont également impliquées dans les traitements sémantiques lorsque ceux-ci doivent être initiés par les sujets sans aide

environnementale. Par exemple, Taconnat et al. (2006) ont montré à l'aide d'une tâche de rappel libre, que le moindre bénéfice que tiraient les sujets âgés par rapport aux plus jeunes d'une tâche de production de rimes, où le traitement sémantique devait être auto-initié, était la conséquence de leur plus faible niveau exécutif.

De ce fait, faire varier le niveau du support environnemental à l'encodage impliquerait une mobilisation plus ou moins importante des fonctions exécutives, en ce sens que plus le niveau du support environnemental serait élevé moins l'apprentissage nécessiterait de contrôle exécutif car les stratégies seraient disponibles et les sujets n'auraient qu'à les appliquer. Par ailleurs, compte tenu du rôle déterminant du fonctionnement exécutif dans la résolution de situations nouvelles, nous nous attendons à ce que l'indice exécutif contribue davantage à expliquer l'utilisation de stratégies pour l'apprentissage de paires mots faiblement associés, en comparaison aux mots fortement associés. Finalement, nous mettrons en concurrence les indices de vitesse de traitement et de mémoire avec l'indice exécutif afin de vérifier que l'indice exécutif représente le principal médiateur de l'utilisation de stratégies durant l'encodage.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Modéré :

8.

Afin de mettre en évidence une relation entre les stratégies utilisées pour étudier les paires de mots (i.e., fortement associés vs. faiblement associés), l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Effectuer des analyses corrélationnelles pour chacune des stratégies utilisées n'était pas possible en raison du faible effectif, par conséquent les mesures retenues pour les stratégies utilisées correspondent à la somme des images, phrases, répétitions et de la catégorie « autres » stratégies utilisées pour étudier les mots fortement et faiblement associés. Les données sont présentées dans le Tableau 10.

Tableau 10

Corrélations entre les stratégies utilisées pour l'étude mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 41)

	Stratégies d'encodage / fortement associés	Stratégies d'encodage / faiblement associés
Age	-.10	-.42**
Indice exécutif	.20	.25
Indice vitesse	.03	.26
Indice mémoire	.10	.31*

*p < .05 ; **p < .01

Les résultats indiquent que seules les stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement sont significativement corrélées à l'âge et à l'indice de mémoire. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent de stratégies pour étudier les mots faiblement associés. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées au test de mémoire logique, plus ils utilisent de stratégies pour étudier les mots faiblement associés. Afin de mesurer dans quelles proportions ces deux facteurs contribuent à expliquer l'utilisation des stratégies, nous avons effectué une analyse de régression sur l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés. Seuls les scores corrélés sont entrés dans l'analyse de régression.

Analyse de régression sur les stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge explique 18% ($p < .01$) de l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés. L'indice de mémoire ne contribue pas à expliquer de façon significative l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Elevé

9.

Afin de mettre en évidence une relation entre les stratégies utilisées pour étudier les paires de mots (i.e., fortement associés vs. faiblement associés), l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 11.

Tableau 11

Corrélations entre les stratégies utilisées pour étudier les mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 39)

	Stratégies d'encodage / fortement associés	Stratégies d'encodage / faiblement associés
Age	-.01	-.47**
Indice exécutif	.14	.31*
Indice vitesse	-.03	.32*
Indice mémoire	.01	.44**

* $p < .05$; ** $p < .01$

Les résultats indiquent que seules les stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés sont significativement corrélées aux quatre facteurs. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent de stratégies pour étudier les mots faiblement associés. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, aux épreuves de vitesse

de traitement et au test de mémoire logique, plus ils utilisent de stratégies pour étudier les mots faiblement associés. Afin de mesurer dans quelles proportions ces quatre facteurs contribuent à expliquer l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés, nous avons effectué une analyse de régression. Seuls les scores corrélés sont entrés dans l'analyse de régression.

Analyse de régression sur les stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge explique 22% ($p < .01$) de l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés. Aucun des trois indices ne contribue à expliquer de façon significative l'utilisation des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés.

Discussion

Les analyses corrélationnelles confirment en partie que l'utilisation de stratégies est liée aux fonctions exécutives, en ce sens que plus les individus présentent un niveau exécutif élevé plus ils utilisent de stratégies durant l'encodage. En outre, la relation entre le fonctionnement exécutif et l'utilisation de stratégies n'apparaissait significative que pour l'apprentissage des paires de mots faiblement associés avec un support environnemental élevé. Comme nous l'avons suggéré, l'apprentissage de paires de mots faiblement associés pourrait correspondre à une situation nouvelle pour laquelle les sujets ne disposent pas de représentation préalable, puisque ces deux items n'entretiennent aucune relation préexistante. L'apprentissage de paires de mots faiblement associés ne pouvant pas s'effectuer sur un mode automatique, les sujets doivent utiliser des stratégies pour faciliter et optimiser la mémorisation de ces deux items. Dans ce cas, le fonctionnement exécutif interviendrait surtout dans les situations où la mise en place de stratégies se ferait sur un mode contrôlé, comme intégrer deux items au sein d'une représentation cohérente alors qu'aucun lien préalable ne les unissait. Par ailleurs, et contrairement à ce que nous avons supposé, le fait que cette corrélation ne soit significative que dans la condition avec un support environnemental élevé suggère que fournir des stratégies d'encodage en précisant leur efficacité nécessite le recours au contrôle exécutif. Il est possible qu'en règle générale, les sujets n'initient pas spontanément des stratégies d'encodage par économie cognitive ou par manque de connaissance sur les méthodes qui optimisent l'apprentissage, et encore moins pour des paires de mots faiblement associés compte tenu de leur difficulté. Cette interprétation permettrait de comprendre l'absence de relation entre le fonctionnement

exécutif et l'utilisation de stratégies dans la modalité avec un support environnemental modéré. Ainsi, proposer aux sujets des stratégies leur permettrait de prendre connaissance de certaines méthodes d'apprentissage sans pour autant les inciter à les utiliser, ce qui pourrait expliquer pourquoi l'utilisation de stratégies dans cette condition n'est pas corrélée au fonctionnement exécutif. En revanche, leur préciser l'efficacité de ces stratégies leur permettrait de prendre conscience de l'importance de mettre en place celles-ci, les inciterait à les utiliser et nécessiterait ainsi le recours aux fonctions exécutives.

Par ailleurs, contrairement à Bryan et al. (1999) nous n'avons pas confirmé que le fonctionnement exécutif médiatisait l'utilisation de stratégies. Toutefois, les mesures des processus stratégiques retenues par ces auteurs ne semblent pas comparables à celles que nous avons utilisées. En effet, Bryan et al. (1999) ont calculé un indice correspondant au degré d'intégration des mots cibles au sein d'une représentation unitaire. Or dans notre travail, il est possible que les mesures des processus stratégiques retenues ne reflètent pas rigoureusement l'exécution d'une stratégie. En effet, lorsque les participants nous précisaient quelle stratégie ils avaient utilisée pour l'encodage de chaque paire d'items, rien ne nous garantissait qu'ils aient effectivement exécuté cette stratégie. Afin de savoir si les sujets ont bien mis en œuvre les stratégies qu'ils disent avoir utilisées durant l'encodage, il est nécessaire de calculer un indice rendant compte de l'effet de l'utilisation de stratégies sur les performances mnésiques. Aussi, avons-nous calculé un indice de l'efficacité des stratégies utilisées en fonction des performances de rappel correct. Les prochains objectifs seront donc d'examiner : (1) si les sujets jeunes et âgés bénéficient d'un support environnemental à l'encodage pour améliorer l'efficacité des stratégies d'encodage et ainsi diminuer la différence des performances de rappel entre les mots fortement et faiblement associés ; et (2) si le fonctionnement exécutif médiatise l'efficacité des stratégies d'encodage. Finalement, nous mettrons en concurrence les indices de vitesse de traitement et de mémoire avec l'indice exécutif afin de mesurer quels facteurs expliquent le mieux l'efficacité de stratégies mises en place à l'encodage.

Etude 5 : Déclin de la mémoire épisodique lié à l'âge : hypothèse d'un déficit de l'utilisation efficace des stratégies d'encodage

Introduction

L'analyse sur l'utilisation des stratégies pour l'apprentissage de mots fortement et faiblement associés montrait que les sujets jeunes et âgés bénéficiaient autant du support élevé pour augmenter l'utilisation de la stratégie la plus efficace (i.e., images) et diminuer l'utilisation des stratégies moins efficaces (i.e., phrases, répétitions, « autres ») et ceci quel que soit le degré d'association. En revanche, ces résultats ne nous permettaient pas de savoir si les deux groupes de sujets utilisaient aussi efficacement ces stratégies. En effet, il semble nécessaire de distinguer la capacité d'exécuter une stratégie de la capacité d'exploiter cette stratégie. Par exemple, exécuter une stratégie d'élaboration de phrase correspondrait simplement à la capacité d'élaborer une phrase avec des mots présentés ; tandis qu'exploiter une stratégie d'élaboration de phrase correspondrait davantage à la capacité de bénéficier de cette stratégie pour améliorer sa performance mnésique (Dunlosky et al., 2005 ; Light, 1991). Ainsi, dans la prochaine analyse nous examinerons la capacité des sujets jeunes et âgés à utiliser efficacement les stratégies mises en place à l'encodage pour rappeler les mots fortement et faiblement associés. Comme les sujets âgés ont bénéficié du support élevé pour ajuster leur temps et leurs stratégies d'apprentissage à la difficulté de la tâche et ainsi compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique, nous émettons l'hypothèse qu'ils auront également bénéficié du support environnemental élevé pour améliorer l'efficacité des stratégies utilisées et rappeler plus de mots. Par ailleurs, comme l'analyse précédente n'a révélé aucun effet lié à l'âge sur les stratégies de répétitions et sur la catégorie « autres » stratégies, nous ne prendrons en compte que les stratégies d'images et de phrases pour lesquelles l'analyse avait révélé des différences liées à l'âge.

Résultats

Pour cette nouvelle ANOVA, nous reprenons les mêmes facteurs étudiés dans l'expérience 4, c'est-à-dire l'Age (i.e., sujets jeunes vs âgés) et le Niveau du support environnemental (i.e., support modéré vs. élevé) comme facteurs inter-sujets, et le Degré d'association (i.e., mots faiblement associés vs. fortement associés) et le Type de stratégie utilisée (i.e., images vs. phrases) comme facteurs intra-sujets. La variable dépendante retenue correspond à l'efficacité des stratégies mises en place à l'encodage pour rappeler les mots. Par

exemple, lorsqu'un sujet a élaboré une image pour étudier une paire de mots (e.g., *sable-autruche*), nous examinons si le sujet bénéficie de cette stratégie pour rappeler le mot cible (e.g., *autruche*). En outre, l'efficacité des stratégies utilisées correspond au nombre de mots rappelés en fonction de la stratégie utilisée (i.e., nombre de mots correctement rappelés et encodés avec la stratégie A / le nombre fois que la stratégie A a été utilisée à l'encodage). Les résultats sont présentés dans le Tableau 12

Tableau 12

Proportions des performances de rappel selon le type de stratégie utilisée dans les deux groupes d'âge et selon le niveau du support et le degré d'association

Niveau du support	Degré d'association	Jeunes (n = 41)		Agés (n = 39)	
		Images M (ET)	Phrases M (ET)	Images M (ET)	Phrases M (ET)
Support modéré	Fortement associés	0.91 (0.11)	0.94 (0.11)	0.81 (0.16)	0.68 (0.29)
	Faiblement associés	0.94 (0.12)	0.91 (0.18)	0.81 (.021)	0.69 (.26)
Support élevé	Fortement associés	0.98 (0.04)	1 (0)	0.76 (0.19)	0.74 (0.35)
	Faiblement associés	0.92 (0.14)	0.85 (.021)	0.75 (0.19)	0.81 (0.30)

Les résultats indiquent que les sujets jeunes utilisent les stratégies plus efficacement que les sujets âgés pour rappeler les mots [$F(1, 36) = 15.34, p < .001$]. L'effet du niveau du support n'est pas significatif [$F < 1$] et indique que globalement les sujets n'améliorent pas l'efficacité des stratégies utilisées selon le niveau du support. L'effet du degré d'association n'est pas significatif [$F < 1$] et indique que les stratégies ont été utilisées aussi efficacement pour rappeler les mots fortement et faiblement associés. L'effet du type de stratégie n'est pas significatif [$F = 1.28, ns$] et indique que les images et les phrases élaborées à l'encodage ont été utilisées aussi efficacement pour rappeler les mots. L'interaction entre les quatre facteurs (i.e., Age, Niveau du support, Degré d'association et Type de stratégie) n'est pas significative [$F < 1$] et indique que les sujets jeunes et âgés ont bénéficié autant des images et des phrases élaborées à l'encodage pour diminuer la différence de rappel entre les mots fortement et faiblement associés, et ceci quel que soit le niveau du support.

L'interaction entre l'âge, le niveau du support et le type de stratégie utilisée est significative [$F(1, 36) = 4.71, p < .05$] et indique que les sujets âgés ont bénéficié du support élevé pour augmenter l'efficacité des phrases utilisées [$F(1, 36) = 4.39, p < .05$], contrairement

à celle des images [$F < 1$]. Chez les sujets jeunes, les images et les phrases étaient utilisées aussi efficacement pour le rappel des mots quel que soit le niveau du support [$F_s < 1$].

Discussion

Contrairement aux résultats obtenus par Dunlosky et al. (2005), nos résultats indiquent que les sujets âgés utilisaient moins efficacement que les sujets jeunes les stratégies mises en place à l'apprentissage pour améliorer leur performance mnésique. En revanche, ils bénéficiaient davantage du support élevé pour améliorer l'efficacité de la stratégie qu'ils utilisent le plus (i.e., élaboration de phrases) et diminuer la différence de performance de rappel entre les mots fortement et faiblement associés. Ce résultat semble compatible avec l'idée que les sujets âgés présentent un déficit de traitements auto-initiés (Craik, 1990) et nécessitent une aide environnementale adaptée afin d'exploiter efficacement leurs stratégies d'encodage. A cette condition, les sujets âgés sont capables de choisir les meilleures stratégies d'encodage et de les utiliser efficacement en élaborant probablement des traitements profonds sur les mots à apprendre. Dans cette perspective et contrairement à ce que nous avons supposé, préciser l'efficacité des stratégies d'encodage pourrait nécessiter la mobilisation du contrôle exécutif. Les sujets ayant eu connaissance de ces informations sur les différentes méthodes d'apprentissage, ils mobiliseraient davantage d'effort pour choisir les meilleures stratégies et les appliquer aussi efficacement qu'ils le peuvent sur le matériel à apprendre. Le fonctionnement exécutif étant impliqué dans les aspects stratégiques et conscients des processus mnésiques opérant à la fois à l'encodage et à la récupération, nous pouvons ainsi émettre l'hypothèse qu'avec la condition de support élevé, l'indice exécutif représentera un des principaux facteurs explicatifs de l'utilisation efficace des stratégies d'encodage.

Etude 6 : Rôle des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire dans l'explication de l'utilisation efficace des stratégies d'encodage

L'objectif était d'examiner si le fonctionnement exécutif et/ou la vitesse de traitement et la mémoire médiatisaient l'efficacité des stratégies mises en place à l'apprentissage. Effectuer des analyses corrélationnelles pour chacune des stratégies utilisées n'était pas possible en raison du faible effectif. Par conséquent, les mesures retenues pour l'efficacité des stratégies d'encodage correspondent à la somme de l'efficacité des images, phrases, répétitions et de la catégorie « autres » stratégies (i.e., efficacité des images + celles des phrases + celles des répétitions + celles de la catégorie « autres »). Ainsi, nous avons calculé un indice correspondant à l'efficacité des stratégies mises en place pour l'étude des mots fortement associés et un indice correspondant à l'efficacité des stratégies mises en place pour l'étude des mots faiblement associés. Compte tenu de l'implication des fonctions exécutives dans la résolution de situations non communes, nous nous attendons à ce que l'indice exécutif soit le principal facteur explicatif de l'efficacité des stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés. Par ailleurs, nous émettons l'hypothèse qu'en présence d'un support environnemental suffisamment adapté (i.e., support élevé), les participants, après avoir pris connaissance de l'efficacité des stratégies fournies, devraient recourir au contrôle exécutif pour les exécuter le plus correctement possible. Ainsi, l'indice exécutif devrait représenter un facteur déterminant de l'utilisation efficace des stratégies d'encodage.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Modéré

10.

Afin de mettre en évidence une relation entre l'efficacité des stratégies utilisées, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 13.

Tableau 13

Corrélations entre les mesures d'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage pour l'étude des mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 41)

	Mesure d'efficacité des stratégies d'encodage / fortement associés	Mesure d'efficacité des stratégies d'encodage / faiblement associés
Age	-.37*	-.41**
Indice exécutif	.27	.49**
Indice vitesse	.22	.45**
Indice mémoire	.15	.30

* $p < .05$; ** $p < .01$

Les résultats montrent que l'âge est négativement corrélé à l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent efficacement les stratégies mises en place à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés. Par ailleurs, aucun des trois indices n'est significativement corrélé à l'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés. Concernant l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés, les résultats indiquent corrélations positives avec l'âge, l'indice exécutif et l'indice de vitesse de traitement. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent efficacement les stratégies mises en place à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et aux épreuves de vitesse de traitement, plus ils utilisent efficacement les stratégies mises en place à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. Afin de mesurer dans quelles proportions ces trois facteurs contribuent à expliquer l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage, nous avons effectué des analyses de régression sur l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés et faiblement associés. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés

L'âge explique 14% ($p < .05$) de l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'âge seul explique 16% ($p < .01$) de la variation de l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. Après le contrôle des indices exécutif et de vitesse de traitement, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice exécutif explique 24% ($p < .01$) de l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. L'indice de vitesse de traitement ne contribue pas de façon significative à expliquer l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Elevé

11.

Afin de mettre en évidence une relation entre l'efficacité des stratégies utilisées, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 14.

Tableau 14

Corrélations entre les mesures d'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage pour l'étude des mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 39)

	Mesure d'efficacité des stratégies d'encodage / fortement associés	Mesure d'efficacité des stratégies d'encodage / faiblement associés
Age	-.15	-.17
Indice exécutif	.47**	.50**
Indice vitesse	.22	.20
Indice mémoire	.36*	.34*

* $p < .05$; ** $p < .01$

Les résultats montrent que l'efficacité des stratégies utilisées pour rappeler les mots fortement associés est positivement corrélée à l'indice exécutif et à l'indice de mémoire. Plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et au test de mémoire logique, plus ils utilisent efficacement les stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés. Concernant l'efficacité des stratégies utilisées pour rappeler les mots faiblement associés, les résultats montrent également des corrélations positives avec les indices exécutif et de mémoire. Plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et au test de mémoire logique, plus ils utilisent efficacement les stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. Afin de mesurer dans

quelles proportions ces deux facteurs contribuent à expliquer l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage, nous avons effectué des analyses de régressions sur l'efficacité des stratégies utilisées pour rappeler les mots fortement associés et faiblement associés. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés

Les résultats indiquent que l'indice exécutif explique 22% ($p < .01$) de l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés. L'indice de mémoire ne contribue pas à expliquer de manière significative l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots fortement associés.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés

Les résultats indiquent que l'indice exécutif explique 25% ($p < .001$) de l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés. L'indice de mémoire ne contribue pas à expliquer de manière significative l'efficacité des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots faiblement associés.

Discussion

Les résultats vérifient l'hypothèse exécutivo-frontale du vieillissement de la mémoire épisodique. Premièrement, quel que soit le niveau du support environnemental, le fonctionnement exécutif est le principal facteur explicatif de l'efficacité des stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés. Ce résultat confirme le rôle déterminant des fonctions exécutives dans la résolution de situations nouvelles et dans l'exploitation efficace d'une stratégie. Deuxièmement, il semble en effet nécessaire de faire une distinction entre l'exécution d'une stratégie et l'exploitation de celle-ci, puisque l'indice exécutif contribue principalement à l'utilisation efficace d'une stratégie. Ce résultat rend ainsi compte du rôle critique du fonctionnement exécutif dans l'élaboration des traitements appliqués à partir des stratégies mises en place et dont les sujets tirent le meilleur parti pour optimiser leur apprentissage. Troisièmement, en condition de support modéré et pour l'apprentissage de paires de mots faiblement associés, le contrôle de l'indice exécutif permet d'annuler la part de variance liée à l'âge qui expliquait l'utilisation efficace des stratégies. Ce résultat confirme

qu'un dysfonctionnement exécutif médiatise l'effet de l'âge sur l'exploitation efficace d'une stratégie d'encodage. Finalement, en condition de support élevé et quel que soit le degré d'association des mots, seuls les indices exécutif et de mémoire présentaient des corrélations significatives avec l'utilisation efficace des stratégies d'encodage, contrairement à l'âge qui ne présentait pas de corrélation significative. Ce dernier résultat suggère qu'en présence d'un support environnemental suffisamment adapté, l'âge ne représente plus un facteur déterminant pour utiliser efficacement une stratégie d'encodage, contrairement au niveau exécutif qui rend principalement compte de la capacité des sujets à exploiter efficacement une stratégie d'encodage.

En résumé, bien que l'indice exécutif n'explique pas en totalité la capacité des sujets à utiliser efficacement des stratégies d'apprentissage, il n'en reste pas moins un facteur déterminant dans la résolution de situations non communes et dans l'élaboration de traitements profonds mis en œuvre pour optimiser l'apprentissage.

Etude 7 : Déclin de la mémoire épisodique lié à l'âge : hypothèse d'un déficit de récupération des stratégies utilisées à l'encodage

Introduction

Un autre objectif de ce travail était d'examiner si un déficit de récupération des stratégies pouvait en partie expliquer le déficit associatif lié à l'âge. Nous avons posé cet objectif à partir des travaux effectués dans le cadre des effets de l'âge sur l'encodage spécifique (Tulving & Thompson, 1973) et sur les processus de récupération contrôlée de l'information. Selon le principe d'encodage spécifique, la probabilité d'accéder à la trace mnésique dépend de la compatibilité des traitements mis en place à l'encodage et à la récupération. Les personnes âgées bénéficieraient moins que les sujets jeunes de la concordance des traitements d'encodage et de récupération (Duchek, 1994), suggérant que les personnes âgées ont des difficultés à distinguer un item associé à un type de traitement d'un autre item associé à un autre type de traitement (Craik & Bird, 1982). Cette difficulté à se souvenir du traitement qui était associé à un item durant la phase d'encodage, pourrait être interprétée dans le cadre d'un déficit lié à l'âge des processus de récupération contrôlée, basés sur une remémoration consciente de l'information contextuelle d'apprentissage (e.g., Bugajska et al., 2007 ; Healy et al., 2005). Dans l'ensemble, les résultats de ces études suggèrent que les personnes âgées présentent des difficultés à réactualiser le contexte d'apprentissage qui se traduirait par une incapacité à récupérer les éléments associés à l'information cible et/ou à une récupération erronée de l'information cible (Taconnat et al., 2007). Dans ce contexte, un déficit lié à l'âge de la récupération des stratégies mises en place à l'encodage semble envisageable pour expliquer le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées. Dunlosky et al. (2005) ont en effet montré que les sujets âgés avaient des difficultés à récupérer les stratégies d'encodage, expliquant en partie leur déficit mnésique. Toutefois, ils n'avaient ni manipulé le degré d'association des mots au sein d'une liste mixte, ni le niveau du support environnemental fourni à l'encodage. Ainsi, nous examinerons si la capacité des sujets à récupérer des stratégies d'encodage varie selon l'âge, le niveau du support environnemental et le degré d'association. A l'issue de cette analyse, nous examinerons si la récupération des stratégies d'encodage est corrélée aux indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire. Si tel est le cas, nous chercherons à déterminer dans quelles proportions ces trois indices contribuent à expliquer la capacité à récupérer des stratégies d'encodage.

Méthode

La population et le matériel ont déjà été décrits précédemment. Concernant la procédure nous la rappellerons globalement, mais nous insisterons davantage sur la méthode de recueil des données concernant la récupération des stratégies. La procédure était la même quel que soit le niveau du support environnemental fourni à l'encodage et se déroulait de la manière suivante : (1) consigne détaillée de la tâche à effectuer ; (2) phase de familiarisation d'apprentissage et de rappel indicé ; (3) phase d'apprentissage en temps libre ; (4) tâche interférente d'une minute pour éviter les effets de récence ; et (5) phase de rappel indicé.

Condition avec support environnemental modéré : Lors de la phase de rappel indicé, après la présentation de chaque mot indice et après que le mot cible ait été ou non correctement rappelé, les sujets devaient préciser s'ils avaient ou non utilisé une stratégie pour apprendre cette paire de mots et si oui laquelle. Un écran était destiné à cet effet sur lequel les cinq catégories de réponses apparaissaient dans l'ordre suivant : (1) construction de phrase ; (2) répétition ; (3) construction d'image ; (4) autre stratégie ; et (5) aucune. Le participant donnait sa réponse et l'expérimentateur l'enregistrait à l'aide du clavier de l'ordinateur et sur papier. On passait alors à l'indice suivant et on répétait les mêmes étapes jusqu'au trentième indice.

Condition avec support environnemental élevé : La procédure était la même que pour la condition avec support modéré, à la différence que lorsque les sujets devaient préciser quelle stratégie ils avaient utilisée pour apprendre chacune des paires de mots, l'ordre dans lequel apparaissaient les cinq catégories de réponses correspondait au degré d'efficacité des stratégies proposées : (1) construction d'image ; (2) construction de phrase ; (3) répétition ; (4) autre stratégie ; et (5) aucune.

Résultats

Pour cette nouvelle ANOVA, nous reprenons les mêmes facteurs étudiés dans l'analyse de l'expérience 6, c'est-à-dire l'Age (i.e., sujets jeunes vs âgés) et le Niveau du support environnemental (i.e., support modéré vs. élevé) comme facteurs inter-sujets, et le Degré d'association (i.e., mots faiblement associés vs. fortement associés) et le Type de stratégie utilisée (i.e., images vs. phrases) comme facteurs intra-sujets. Nous examinons l'effet de ces facteurs sur la récupération des stratégies. La variable dépendante correspond à la proportion de stratégies correctement récupérées (i.e., nombre de fois qu'une stratégie a été

recupérée / le nombre de fois que cette stratégie a été utilisée à l'encodage), les données sont présentées dans le Tableau 15.

Tableau 15

Proportions d'images et de phrases récupérées dans les deux groupes d'âge selon le niveau du support et le degré d'association

Niveau du support	Degré d'association	Jeunes (n = 41)		Agés (n = 39)	
		Images M (ET)	Phrases M (ET)	Images M (ET)	Phrases M (ET)
Support modéré	Fortement associés	0.89 (0.16)	0.77 (0.22)	0.83 (0.17)	0.74 (0.21)
	Faiblement associés	0.90 (0.17)	0.87 (0.20)	0.82 (0.20)	0.74 (0.25)
Support élevé	Fortement associés	0.97 (0.05)	0.92 (0.14)	0.85 (0.18)	0.76 (0.24)
	Faiblement associés	0.97 (0.07)	0.68 (0.36)	0.79 (0.24)	0.78 (0.21)

Les résultats montrent que l'effet de l'âge n'est pas significatif [$F < 1$], indiquant que les sujets jeunes et âgés récupèrent autant les stratégies utilisées à l'apprentissage. Le niveau du support n'a pas d'effet sur la récupération des stratégies [$F < 1$]. L'effet du degré d'association n'est pas significatif [$F < 1$] indiquant que les stratégies utilisées pour étudier les mots fortement et faiblement associés sont autant récupérées. Le type de stratégie est significatif [$F(1, 27) = 7.92, p < .01$] et indique que les images utilisées à l'encodage sont mieux récupérées que les phrases. L'interaction entre ces quatre facteurs (i.e., Age, Niveau du support, Degré d'association et Type de stratégie) n'est pas significative [$F = 2.45, ns$]. Les sujets jeunes et âgés ont récupéré autant d'images et de phrases élaborées à l'encodage, quels que soient le niveau du support et le degré d'association.

L'interaction entre le niveau du support et le degré d'association est significative [$F(1, 27) = 5.42, p < .05$]. Le support élevé était bénéfique aux sujets seulement pour la récupération des stratégies utilisées pour l'étude des mots fortement associés [$F(1, 27) = 3.93, p = .05$], tandis que la récupération des stratégies utilisées pour l'étude des mots faiblement associés ne variait pas selon le niveau du support [$F < 1$].

L'interaction entre l'âge, le niveau du support et le type de stratégie est significative [$F(1, 27) = 4.03, p < .05$] et indique que les deux groupes de sujets ont bénéficié différemment du support élevé pour récupérer les stratégies utilisées à l'encodage. Les sujets jeunes qui récupéraient autant d'images que de phrases avec le support modéré [$F < 1$], ont bénéficié du support élevé pour récupérer plus d'images que de phrases [$F(1, 27) = 6.66, p < .05$]. En

revanche, les sujets âgés qui récupéraient plus d'images que de phrases avec le support modéré [$F(1, 27) = 3.96, p < .05$], ont bénéficié du support élevé pour réduire cette différence et récupérer autant d'images que de phrases [$F < 1$].

L'interaction entre l'âge, le degré d'association et le niveau du support est significative [$F(1, 27) = 4.42, p < .05$] et indique que les effets du degré d'association et du niveau du support interagissaient seulement chez les sujets jeunes [$F(1, 27) = 9.60, p < .01$] (et pour les sujets âgés [$F < 1$]). En effet, lorsque le support était modéré les sujets jeunes récupéraient plus les stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés [$F(1, 27) = 5.67, p < .05$], tandis qu'avec le support élevé ils récupéraient plus les stratégies utilisées pour étudier les mots fortement associés [$F(1, 27) = 4.54, p < .05$]. Chez les sujets âgés, la récupération des stratégies ne subissait ni les effets du degré d'association ni ceux du niveau du support [$F_s < 1$].

Discussion

Contrairement aux résultats obtenus par Dunlosky et al. (2005), les sujets âgés ne présentent pas de difficulté à récupérer les stratégies qu'ils avaient utilisées lors de l'apprentissage, et ceci quels que soient le niveau du support et le degré d'association. En outre, même si les deux groupes de sujets ont bénéficié différemment du support élevé pour améliorer leur récupération de stratégies, globalement les sujets jeunes comme âgés ont tiré profit de cette condition pour récupérer davantage de stratégies. Par conséquent, l'hypothèse selon laquelle un déficit lié à l'âge de la récupération des stratégies d'encodage pourrait contribuer au déclin en mémoire épisodique des personnes âgées n'est pas vérifiée. Finalement, la mesure de la récupération des stratégies d'encodage ne nous permet de savoir si les sujets bénéficient de celles-ci pour améliorer leurs performances mnésiques. Comme pour l'utilisation de stratégies d'encodage, il semble nécessaire de distinguer la capacité de récupérer une stratégie de la capacité à exploiter cette stratégie. Aussi, avons-nous calculé un indice de l'efficacité de la récupération des stratégies et examiné si ce dernier variait selon l'âge, le niveau du support et le degré d'association.

Etude 8 : Déclin de la mémoire épisodique lié à l'âge : hypothèse d'un déficit de la récupération efficace des stratégies

Introduction

Un autre objectif de notre travail était de confirmer que le déclin en mémoire épisodique des personnes âgées pouvait en partie s'expliquer par une difficulté à récupérer le contexte d'apprentissage pour accéder à la trace mnésique. Les personnes âgées bénéficieraient moins que les sujets jeunes de la concordance des traitements d'encodage et de récupération pour accéder à l'information cible recherchée (Duchek, 1994). Dunlosky et al. (2005) ont observé le même phénomène qu'ils nomment déficit de décodage des stratégies récupérées (i.e., *decoding deficiency*). Par exemple, une personne pourrait être capable de récupérer l'image élaborée pour apprendre une paire de mots, mais utiliser des mots incorrects pour décrire cette image (e.g., pour l'image : un *chien* est assis sur une *chaise*, dire : un *caniche* est assis sur un *fauteuil*). De ce fait et dans cet exemple, les sujets rappelleraient « fauteuil » et non pas « chaise », ce qui constitue un souvenir erroné. Ce déficit de décodage rend compte de la distinction qu'il semble nécessaire de faire entre la capacité de récupérer une stratégie et la capacité à exploiter cette stratégie. Dans l'ensemble, ces données suggèrent que les personnes âgées présentent des difficultés à réactualiser le contexte d'apprentissage qui se traduiraient par une incapacité à récupérer les éléments associés à l'information cible et/ou à une récupération erronée de l'information cible (Taconnat et al., 2006). Par conséquent, nous avons effectué une nouvelle analyse statistique visant à examiner si l'efficacité des stratégies récupérées variait selon l'âge, le niveau du support environnemental et le degré d'association. A l'issue de cette analyse, nous examinerons si l'efficacité de la récupération des stratégies est corrélée aux indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire. Si tel est le cas, nous chercherons à déterminer dans quelles proportions ces trois indices contribuent à expliquer la capacité à bénéficier des stratégies récupérées.

Résultats

Pour cette nouvelle ANOVA, nous reprenons les mêmes facteurs étudiés dans l'expérience 8, c'est-à-dire l'Age (i.e., sujets jeunes vs âgés) et le Niveau du support environnemental (i.e., support modéré vs. élevé) comme facteurs inter-sujets, et le Degré d'association (i.e., mots faiblement associés vs. fortement associés) et le Type de stratégie récupérée (i.e., images vs. phrases) comme facteurs intra-sujets. La variable dépendante

retenue correspond à l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots. Par exemple, lorsqu'un sujet a récupéré une stratégie, nous examinons s'il en bénéficie pour rappeler le mot cible. En outre, l'efficacité de la récupération des stratégies correspond au nombre de mots correctement rappelés en fonction de la stratégie récupérée (i.e., nombre de mots correctement rappelés lorsque la stratégie A a été récupérée / nombre de fois que la stratégie A a été récupérée), les données sont présentées dans le Tableau 16.

Tableau 16

Proportions des performances de rappel selon le type de stratégie récupérée dans les deux groupes d'âge et selon le niveau du support et le degré d'association

Niveau du support	Degré d'association	Jeunes (n = 41)		Agés (n = 39)	
		Images M (ET)	Phrases M (ET)	Images M (ET)	Phrases M (ET)
Support modéré	Fortement associés	0.97 (0.08)	0.99 (0.02)	0.91 (0.13)	0.89 (0.12)
	Faiblement associés	0.98 (0.04)	0.96 (0.10)	0.90 (0.16)	0.85 (0.19)
Support élevé	Fortement associés	0.99 (0.01)	1 (0)	0.89 (0.13)	0.86 (0.30)
	Faiblement associés	0.93 (0.13)	1 (0)	0.88 (0.18)	0.96 (0.13)

L'effet de l'âge sur l'efficacité des stratégies récupérées est significatif [$F(1, 27) = 11.95, p < .01$]. Les sujets jeunes bénéficiaient plus de la récupération des stratégies élaborées à l'encodage pour rappeler les mots. L'effet du niveau du support n'est pas significatif [$F < 1$] et indique que la récupération des stratégies était autant efficace pour rappeler les mots quel que soit le niveau du support. L'effet du degré d'association n'est pas significatif [$F = 1, 88, ns$] et indique que la récupération des stratégies était autant efficace pour rappeler les mots fortement associés et faiblement associés. L'effet du type de stratégie n'est pas significatif [$F < 1$] et indique que la récupération des images et des phrases était autant efficace pour rappeler les mots. L'interaction entre les quatre facteurs (i.e., Age, Niveau du support, Degré d'association et Type de stratégie) n'est pas significative [$F < 1$] et indique que les sujets jeunes et âgés ont bénéficié autant du support élevé pour utiliser efficacement les images et les phrases récupérées, et ceci quel que soit le degré d'association.

Discussion

Ces derniers résultats confirment que les personnes âgées bénéficieraient moins de la concordance des traitements d'encodage et de récupération pour accéder à l'information cible

(Duchek, 1994). Cette difficulté à pleinement exploiter les stratégies récupérées pour améliorer les performances mnésiques pourrait s'expliquer par un déficit de décodage de ces stratégies récupérées (Dunlosky et al., 2005). Ainsi, en dépit d'une capacité préservée à récupérer le type de stratégie utilisée lors de l'encodage (voir expérience 8), la difficulté des sujets âgés résiderait davantage dans le décodage de cette stratégie. Cette interprétation semble compatible à la fois avec les données obtenues à l'aide du paradigme R/K et avec le déficit de traitements auto-initiés lié à l'âge. Les différences liées à l'âge sont majeures dans les tâches qui requièrent l'initiation spontanée d'opérations de recherche, c'est-à-dire lorsque l'environnement offre peu de support cognitif pour récupérer une information. Ainsi, l'effet de l'âge le plus important est obtenu avec un test de rappel libre, puis diminue lorsque les performances sont évaluées avec un test de rappel indicé, mais varie en fonction de la quantité d'indices fournis (Angel, Isingrini, Bouazzaoui, Taconnat, Allan, Granjon, & Fay, 2010 ; Taconnat et al., 2007). Lorsqu'on utilise un test de reconnaissance, l'effet de l'âge est considérablement réduit voire absent (Craik & McDowd, 1987). Toutefois, les résultats peuvent être différents lorsque la tâche de reconnaissance nécessite la remémoration d'indices contextuels associés à l'épisode d'apprentissage (i.e., *recollection*) comme c'est le cas avec le paradigme R/K (Gardiner, 2001). En effet, avec ce type de paradigme on observe une diminution liée à l'âge du nombre de réponses R, associées à la récupération d'informations contextuelles, tandis que le nombre de réponses K, reflétant la familiarité des stimuli sans remémoration du contexte d'apprentissage, reste stable au cours du vieillissement (e.g., Bugajska et al., 2007). Compte tenu de ces données et concernant les résultats obtenus dans ce travail, la différence jeunes-âgés sur la récupération des stratégies ne serait pas significative car les cinq types de stratégies apparaissaient à l'écran, représentant un support cognitif suffisant pour récupérer correctement le type de stratégie utilisée à l'encodage. En outre, la récupération des stratégies pourrait impliquer les mêmes processus que ceux reflétés par les réponses K, et basés sur la familiarité sans une remémoration détaillée de l'épisode d'apprentissage. A contrario, bénéficier de la récupération d'une stratégie pour rappeler le mot cible exact, et non un synonyme ou un mot de la même catégorie sémantique, correspondrait aux réponses R plutôt basées sur un mode de récupération contrôlée. Ainsi, la récupération de stratégies, lorsque celles-ci sont perceptivement présentes (i.e., affichées à l'écran), nécessiterait plutôt des processus automatiques basés sur la familiarité des informations à identifier. En revanche, tirer le meilleur parti d'une stratégie récupérée pour accéder à la trace mnésique et rappeler le mot cible nécessiterait plutôt des processus de récupération contrôlée, qui seraient sous-tendus par les fonctions exécutives (e.g., Bunce,

2003 ; Taconnat et al., 2006). Afin de vérifier cette dernière interprétation, dans la prochaine analyse nous examinerons si l'indice exécutif médiatise l'efficacité des stratégies récupérées. Nous mettrons également en concurrence l'âge et les indices de vitesse de traitement et de mémoire avec l'indice exécutif afin de mesurer si ces facteurs contribuent aussi à expliquer l'efficacité de la récupération des stratégies.

Etude 9 : Rôle de l'âge et des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire dans l'explication de l'efficacité de la récupération des stratégies

Introduction

L'objectif était d'examiner si le fonctionnement exécutif et/ou la vitesse de traitement et la mémoire médiatisaient l'efficacité des stratégies récupérées. Effectuer des analyses corrélationnelles pour chacune des mesures d'efficacité de la récupération des stratégies (i.e., images, phrases, répétitions, etc.) n'était pas possible en raison du faible effectif. Par conséquent, les mesures retenues pour l'efficacité des stratégies récupérées correspondent à la somme des mesures correspondant aux quatre types de réponses (i.e., efficacité de la récupération des images + celles des phrases + celles des répétitions + celles de la catégorie « autres » stratégie). Ainsi, nous avons calculé un indice correspondant à l'efficacité de la récupération des stratégies utilisées pour l'étude des mots fortement associés et un indice correspondant à l'efficacité de la récupération des stratégies utilisées pour l'étude des mots faiblement associés.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Modéré

12.

Afin de mettre en évidence une relation entre l'efficacité de la récupération des stratégies, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 17.

Tableau 17

Corrélations entre les mesures d'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 41)

	Mesure d'efficacité récupération des stratégies / fortement associés	Mesure d'efficacité récupération des stratégies / faiblement associés
Age	-.29	-.67***
Indice exécutif	.23	.53***
Indice vitesse	.23	.51**
Indice mémoire	.12	.49**

p < .01 ; *p < .001

Les résultats montrent que seule l'efficacité de la récupération des stratégies qui avaient été utilisées pour étudier les mots faiblement associés présente des corrélations

significatives avec les différents facteurs pris en compte. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent efficacement les stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés. Par ailleurs, plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, aux épreuves de vitesse de traitement, et au test de mémoire logique, plus ils utilisent efficacement les stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés. Afin d'examiner dans quelles proportions ces quatre facteurs contribuent à expliquer l'efficacité de la récupération des stratégies pour rappeler les mots faiblement associés, nous avons effectué une analyse de régression.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés

L'âge explique 44% ($p < .001$) de la variation de l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés. Les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire ne contribuent pas de façon significative à expliquer l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés.

Résultats pour la modalité avec Support Environnemental Elevé

13.

Afin de mettre en évidence une relation entre l'efficacité de la récupération des stratégies, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, nous avons effectué une analyse des corrélations totales. Les données sont présentées dans le Tableau 18.

Tableau 18

Corrélations entre les mesures d'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement et faiblement associés, l'âge et les indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire (N = 39)

	Mesure d'efficacité récupération des stratégies / fortement associés	Mesure d'efficacité récupération des stratégies / faiblement associés
Age	-.33*	-.26
Indice exécutif	.54***	.46**
Indice vitesse	.43**	.28
Indice mémoire	.40*	.37*

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Les résultats indiquent que l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés est corrélée à l'âge et aux indices exécutif, de vitesse de traitement et de

mémoire. Plus les sujets sont âgés et moins ils utilisent efficacement les stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés. Plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives, de vitesse de traitement et au test de mémoire logique, plus ils utilisent efficacement les stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés.

Concernant la mesure de l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés, les résultats indiquent des corrélations positives avec les indices exécutif et de mémoire. Plus les sujets ont des performances élevées aux épreuves exécutives et au test de mémoire logique, plus ils utilisent efficacement les stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés. Afin d'examiner dans quelles proportions ces quatre facteurs contribuent à expliquer l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots, nous avons effectué des analyses de régression sur l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement et faiblement associés. Seuls les scores corrélés sont entrés dans les analyses de régression.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés

L'âge seul explique 11% ($p < .05$) de l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés. Après le contrôle des indices exécutif, de vitesse de traitement et de mémoire, la part de variance liée à l'âge n'est plus significative. L'indice exécutif explique 30% ($p < .001$) de l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés. Les indices de vitesse de traitement et de mémoire ne contribuent pas de façon significative à expliquer l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots fortement associés.

Analyse de régression sur l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés

L'indice exécutif explique 21% ($p < .01$) de l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés. L'indice de mémoire ne contribue pas de façon significative à expliquer l'efficacité des stratégies récupérées pour rappeler les mots faiblement associés.

Discussion

Les résultats obtenus dans la modalité avec le support environnemental modéré indiquent que seule la mesure de l'efficacité de la récupération des stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés était corrélée à l'âge et aux différents indices pris en compte. Comme nous l'avons suggéré précédemment, il est possible que cette condition ne représente pas un support cognitif suffisamment adapté pour inciter les sujets à appliquer correctement les stratégies proposées. Ne connaissant pas le bénéfice réel qu'implique l'utilisation de stratégies, les sujets les auraient peut-être appliquées automatiquement sans vraiment faire l'effort d'élaborer des traitements sur les informations à mémoriser. En d'autres termes, ils auraient pensé à utiliser une stratégie parce qu'elles étaient proposées, mais n'auraient pas fourni les efforts pour élaborer les traitements nécessaires à la construction d'une représentation mnésique. Dans ce contexte, il y aurait une distinction à faire entre penser à utiliser une stratégie et élaborer une stratégie. Par exemple, si un sujet utilise une stratégie d'image pour étudier une paire de mots fortement associés, telle que *sable-autruche*, l'image qui risque de venir en premier à l'esprit représentera une autruche avec la tête dans le sable. Dans ce cas, le sujet n'éprouverait pas le besoin de fournir des efforts supplémentaires pour construire une image personnelle de la paire de mots *sable-autruche*, mais se référerait automatiquement à la représentation la plus commune que l'on a de ce couple de mots. Au contraire, pour une paire de mots faiblement associés telle que *pyramide-aquarium*, qui ne présente pas de relation préexistante et ne relève pas d'une représentation commune évidente, le sujet devra faire l'effort d'élaborer une image personnelle unissant ces deux éléments au sein d'une même représentation mentale. En résumé et pour cet exemple, il y aurait une distinction à faire entre penser à une image et élaborer une image. Ce type d'explication serait compatible avec les données obtenues à l'aide des paradigmes de production de l'information. L'effet positif de la production d'une information sur les performances, en comparaison à la lecture d'une information, reposerait sur l'effort cognitif engendré par la production d'un item cible (Jacoby, 1978), sur les traitements sémantiques effectués sur l'item produit (McElroy, 1987) ou encore sur l'augmentation de l'activation du réseau lexical auquel appartient l'item et permettant ainsi un meilleur accès au lexique au moment du rappel (McElroy & Slamecka, 1982). Cette interprétation permettrait de comprendre les raisons pour lesquelles dans cette condition avec support modéré, seule la mesure de l'efficacité de la récupération des stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés était corrélée aux différents indices, contrairement à la

mesure pour les mots fortement associés qui n'était corrélé à aucun indice. La mémorisation de mots fortement associés nécessiterait moins de ressources cognitives. Ainsi, l'absence de corrélation avec les différents indices pourrait indiquer que la récupération de la stratégie (et probablement aussi la présentation du mot indice) utilisée pour étudier des mots fortement associés constituerait en soi une aide externe suffisante dont bénéficieraient les sujets pour rappeler le mot cible, et ceci sans l'intervention d'autres facteurs. Au contraire, la mémorisation de mots faiblement associés impliquerait à la fois l'élaboration de traitements plus complexes lors de l'encodage et une recherche contrôlée de l'information malgré la récupération de la stratégie. La mise en œuvre de ces traitements nécessiterait le recours à différents processus mis en évidence par les corrélations significatives avec les quatre facteurs pris en compte (i.e., âge, indices exécutif, vitesse de traitement et mémoire). Finalement, concernant cette condition avec un support modéré, l'analyse de régression révélait que seul l'âge ressortait comme facteur explicatif de la variation de l'efficacité de la récupération des stratégies utilisées pour étudier les mots faiblement associés. Ce dernier résultat confirmerait que cette condition n'incitait pas suffisamment les sujets à mobiliser leurs ressources cognitives pour mettre en place les traitements nécessaires à la mémorisation. De ce fait, l'âge représente, parmi les indices étudiés, le facteur déterminant dans l'explication de la variation de l'efficacité de la récupération des stratégies pour les mots faiblement associés.

Pour la condition avec un support environnemental élevé, l'analyse de régression indiquait que l'indice exécutif représentait le principal facteur explicatif de la variation de l'efficacité de la récupération des stratégies pour les mots fortement et faiblement associés. Ce résultat serait compatible avec l'idée que préciser l'efficacité des stratégies représenterait un support environnemental efficace parce que les traitements étaient fortement dirigés par la tâche. Cette condition permettait probablement aux sujets de prendre conscience du bénéfice dont ils pouvaient tirer de l'utilisation de stratégies. Ainsi, non seulement cette condition induisait l'utilisation d'une stratégie, mais incitait également les sujets à faire l'effort de mettre en place les traitements nécessaires à l'élaboration d'une représentation mnésique, requérant un certain contrôle exécutif. Cette interprétation permettrait en partie d'expliquer que l'indice exécutif médiatise à la fois l'efficacité des stratégies récupérées pour les mots fortement et faiblement associés. Quel que soit le degré d'association des mots, c'est-à-dire qu'ils présentent ou non une relation préexistante, les sujets ont initié les traitements nécessaires qui leur permettaient d'optimiser leur performance mnésique. Ainsi, dans cette condition et quel que soit le degré d'association, le bénéfice que tirent les sujets jeunes et âgés

des stratégies récupérées pour optimiser leur performance mnésique est principalement médiatisé par le fonctionnement exécutif.

En résumé, ces résultats confirment le rôle des fonctions exécutives dans la résolution de situations nouvelles (Rabbitt, 1997) puisque quel que soit le niveau du support, l'indice exécutif est corrélé aux mesures de l'efficacité des stratégies récupérées pour les mots faiblement associés. Par ailleurs, une consigne précisant l'efficacité des stratégies proposées représenterait un support cognitif adapté car les traitements seraient fortement induits par la tâche. De ce fait et quel que soit le degré d'association des mots, les sujets s'engageraient dans l'élaboration de traitements profonds qu'ils exploiteraient au mieux pour optimiser leur performance mnésique, expliquant ainsi le rôle déterminant du contrôle exécutif contrairement à l'âge, à la vitesse de traitement ou encore à l'indice de mémoire.

Chapitre 4 : Discussion générale

L'objectif de ce travail était d'examiner les effets du vieillissement de la mémoire épisodique en termes de déficits des processus stratégiques opérant à l'encodage et à la récupération, ainsi que le rôle des fonctions exécutives. Le fonctionnement de la mémoire épisodique se caractérise par des processus cognitifs permettant aux individus de se souvenir d'un événement précis intégré dans son contexte spatio-temporel d'acquisition. Les processus associatifs permettent, lors de l'encodage et de la récupération, d'assembler au sein d'une même représentation mnésique un événement et les différentes caractéristiques qui lui sont liées, telles que des caractéristiques temporelles, spatiales, perceptives ou encore conceptuelles (Zimmer et al., 2006). Le déclin de la mémoire épisodique au cours du vieillissement se caractériserait par une diminution de l'efficacité de ces processus associatifs (i.e., *ADH*, Naveh-Benjamin, 2000). Une des explications de la diminution liée à l'âge de l'efficacité des processus associatifs en mémoire épisodique repose sur l'hypothèse d'un déficit des processus stratégiques (Shing et al., 2010).

Dans le langage courant, l'utilisation d'une stratégie implique la résolution d'une situation et l'atteinte d'un objectif. Utiliser une stratégie suppose la connaissance de la situation actuelle, du but à atteindre, des moyens à disposition, ainsi que la planification des opérations destinées à atteindre ce but. Le terme de stratégie en psychologie cognitive correspond au choix volontaire et conscient d'une méthode que le sujet adopte pour arriver à un but (Rogers, Hertzog & Fisk, 2000). Dans le domaine de la mémoire, les stratégies correspondent à des opérations contrôlées (en opposition aux processus automatiques, Shiffrin & Schneider, 1977) mises en place lors de l'apprentissage et/ou de la récupération d'une information afin d'améliorer l'efficacité de la mémorisation. Dans ce travail, nous avons choisi d'étudier différentes composantes du déficit des processus stratégiques lié au vieillissement. Parmi celles-ci, nous avons étudié les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées d'encodage et de récupération, en tant que processus de régulation mnésique et en tant que contrôle exécutif.

Concernant les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées d'encodage et de récupération, les données indiquent globalement que dans le vieillissement, la mise en place de stratégies à l'encodage et à la récupération doit être facilitée par des tâches ou des consignes qui vont diminuer la part de traitements auto-initiés (e.g., Craik, 1990). Lors de l'encodage, il s'agit de fournir un support environnemental suffisant pour orienter l'apprentissage vers l'utilisation d'un traitement profond et inciter à élaborer ce traitement sur l'information à mémoriser (e.g., Taconnat et al., 2008). Lors de la récupération, un support environnemental suffisant signifie fournir une quantité d'indices susceptibles de faciliter

l'accès à l'information cible (e.g., Angel et al., 2010). Lorsque ces conditions sont réunies, le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées est considérablement réduit (e.g., Naveh-Benjamin et al., 2007). Les résultats obtenus dans l'expérience 1 confirment que le déclin de la mémoire épisodique lié à l'âge s'expliquerait davantage par un déficit de production des stratégies que par un déficit de traitement. En effet, nous avons montré que les sujets âgés bénéficiaient autant que les sujets jeunes d'un support environnemental à l'encodage pour améliorer leur performance de mémoire. En outre, la nature du support cognitif est un facteur déterminant de l'amélioration des performances mnésiques puisque même si les personnes âgées sont capables d'exécuter des stratégies lors de l'encodage, celles-ci doivent être guidées par la tâche à effectuer. Ainsi, dans l'étude 1 de l'expérience 2, simplement fournir des stratégies d'encodage ne représentait probablement pas un support environnemental suffisant pour compenser le déficit d'association des personnes âgées. En revanche, leur fournir des stratégies et les instruire sur l'efficacité de celles-ci a probablement orienté leur apprentissage vers l'utilisation d'un traitement profond, mais les a également incités à élaborer ce type de traitement sur l'information à mémoriser, permettant ainsi de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Dans l'ensemble, ces données confirment que dans le vieillissement, la mise en place de stratégies à l'encodage doit être facilitée par des tâches ou des consignes qui vont diminuer la part de traitements auto-initiés (e.g., Craik, 1990).

De façon intéressante, il est apparu que diminuer la part de traitements auto-initiés (par un support environnemental adapté) avait le même effet sur le *control* métamnésique, mesuré par le temps d'apprentissage (étude 1). Selon l'hypothèse du *monitoring-affects-control* (Nelson & Leonesio, 1988), la phase de *control* résulte des jugements métamnésiques (i.e., *monitoring*). Dans le cadre du vieillissement normal, les connaissances métamnésiques semblent épargnées (e.g., Hertzog & Hultsch, 2000). En revanche, la phase de *control* semble plus sensible aux effets du vieillissement. Globalement, les personnes âgées présenteraient à la fois des difficultés dans la mise en place de stratégies adaptées à la nature de la tâche (e.g., Souchay & Isingrini, 2004) et des difficultés à ajuster leurs stratégies en fonction de leurs propres jugements métamnésiques (e.g., Dunlosky & Hertzog, 1997). Néanmoins, ces effets de l'âge pourraient être réduits si on incite les adultes âgés à se servir de stratégies ou si on les y entraîne, ou encore si on leur apprend à tenir compte de leurs propres jugements métamnésiques pour adapter leurs stratégies (e.g., Dunlosky et al., 2003). Les résultats obtenus dans l'étude 1 suggèrent que les adultes âgés étaient en effet capables d'évaluer aussi précisément que les sujets jeunes la difficulté de la tâche puisque les deux groupes d'âge

augmentaient autant leur temps d'étude dans la condition fournissant des stratégies d'encodage (i.e., support modéré) et dans celle n'en fournissant pas (i.e., sans support). En outre, lorsque l'efficacité des stratégies était précisée, les sujets âgés augmentaient plus que les sujets jeunes leur temps d'étude des mots faiblement associés. Ainsi, compte tenu de leur difficulté à initier spontanément des traitements profonds, il est possible que préciser l'efficacité des stratégies proposées leur a permis d'utiliser de façon optimale leurs jugements métamnésiques parce qu'ils savaient comment utiliser un temps d'étude supplémentaire par la mise en place de stratégies efficaces. Ces résultats peuvent également être interprétés dans le cadre du modèle de la zone proximale d'apprentissage (Metcalf & Kornell, 2005), qui suggère que les individus mobilisent leurs ressources cognitives pour l'apprentissage d'une information en fonction de certaines contraintes externes (e.g., difficulté de la tâche et/ou temps disponible), et ceci dans le but de bénéficier au mieux des efforts fournis. Ainsi, selon les contraintes rencontrées, les individus mobiliseront plus de ressources soit pour l'apprentissage d'items jugés difficiles soit pour l'apprentissage d'items jugés faciles. Dans le cadre de l'étude 1, il est possible que cette conception s'applique aux sujets âgés, car ne subissant pas de contrainte temporelle puisque le temps était autogéré et connaissant l'efficacité des stratégies fournies, ils avaient conscience que les efforts qu'ils fourniraient lors de l'apprentissage leur seraient bénéfiques. Ainsi, parmi les tâches qui fournissent un support environnemental suffisant aux personnes âgées, celles qui précisent l'efficacité d'un traitement pourraient représenter des tâches adaptées pour compenser leur faible capacité d'ajustement du temps d'étude à la difficulté de la tâche. De ce fait, les sujets âgés accordent un temps d'étude supplémentaire aux items difficiles (i.e., mots faiblement associés) car ils savent à la fois quels traitements mettre en place et que les efforts qu'ils fourniront optimiseront leur performance mnésique. De plus, cette interprétation permettrait de comprendre pourquoi dans l'expérience 1, les sujets âgés n'ont pas augmenté le temps d'étude des items qu'ils jugeaient difficiles, car ils n'avaient pas conscience que la production d'associés sémantiques (i.e., effet négatif de la condition de production sur les scores de prédictions globales) correspondait à une méthode d'apprentissage efficace.

L'autre argument en faveur d'un déficit de production des stratégies d'encodage a directement été mis en évidence dans l'étude 3, indiquant que les sujets âgés utilisaient moins de stratégies d'encodage que les sujets jeunes, et confirmant les résultats obtenus par Bryan et al. (1999). En accord avec l'hypothèse du déficit associatif (Naveh-Benjamin, 2000), les sujets âgés présentaient plus de difficultés à initier des stratégies pour l'étude des mots faiblement associés, contrairement aux sujets jeunes qui ne subissaient pas l'effet du degré

d'association sur la production de stratégies. De plus, l'effet du degré d'association chez les adultes âgés était plus important pour l'élaboration d'images, confirmant leur plus grande difficulté à élaborer des images mentales (e.g., Bruyer & Scailquin, 2000 ; Dror & Kosslyn, 1994). Toutefois, lorsque l'efficacité des stratégies était précisée, les deux groupes de sujets semblent avoir autant bénéficié de cette information pour augmenter l'utilisation de la stratégie la plus efficace (i.e., images mentales) et diminuer l'utilisation des stratégies les moins efficaces. Ce résultat confirme de nouveau que fournir un support environnemental adapté aux personnes âgées leur permet de compenser leur déficit de traitements auto-initiés. A cette condition, ils sont à la fois capables de mettre en place des stratégies d'encodage, mais aussi d'adapter celles-ci à la difficulté de la tâche. Par ailleurs, nous n'avons pas confirmé l'hypothèse selon laquelle le déclin en mémoire lié à l'âge pouvait s'expliquer par un déficit de récupération des stratégies puisque les résultats de l'étude 7 n'ont montré aucun effet de l'âge sur la récupération des stratégies. Ce résultat peut être interprété en termes de quantité d'indices disponibles lors de la phase de récupération. Les différences liées à l'âge sont majeures dans les tâches qui requièrent l'initiation spontanée d'opérations de recherche, c'est-à-dire lorsque l'environnement offre peu de support cognitif pour récupérer l'information. Or, dans la présente étude, les stratégies que les sujets avaient potentiellement utilisées lors de l'apprentissage étaient de nouveau présentées à l'écran lors de la phase de récupération. Cette modalité représentait probablement un support cognitif suffisant pour récupérer correctement le type de stratégie utilisée à l'encodage puisque l'information était perceptivement présente. Dans ce contexte, la récupération des stratégies s'effectuait plutôt à partir de la familiarité de l'information perceptivement présente sans que l'accès à la remémoration détaillée de l'épisode d'apprentissage soit nécessaire.

Par ailleurs, comme le précisent Dunlosky et al. (2005), il semble nécessaire de distinguer la capacité d'exécuter une stratégie de la capacité d'exploiter cette stratégie, c'est-à-dire la capacité d'en tirer bénéfice. Ainsi, dans les études 5 et 8, les analyses statistiques sur les indices d'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage et des stratégies récupérées ont montré un effet global de l'âge. Les adultes âgés utilisaient moins efficacement que les sujets jeunes les stratégies mises en place à l'encodage et les stratégies récupérées pour améliorer leur performance de mémoire. Concernant l'utilisation efficace des stratégies d'encodage (étude 5) et en accord avec le déficit de traitements auto-initiés lié à l'âge, lorsque la tâche fournissait un support environnemental suffisant, les sujets âgés bénéficiaient de celui-ci pour améliorer l'efficacité de la stratégie qu'ils avaient utilisée le plus (i.e., élaboration de phrases) et diminuer la différence de performance de rappel entre les mots fortement et faiblement

associés. Il est possible qu'en présence d'une consigne précisant l'efficacité des stratégies proposées et en l'absence de contrainte temporelle, les adultes âgés disposaient de conditions optimales pour bénéficier des ressources cognitives mobilisées. Ils ont ainsi pu choisir les meilleures stratégies, les exploiter efficacement en élaborant des traitements sémantiques profonds et compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Concernant l'effet de l'âge sur la récupération efficace des stratégies (étude 8), ce résultat confirme d'une part le déficit de décodage observé par Dunlosky et al. (2005) chez les personnes âgées et d'autre part, que ces dernières bénéficient moins que les sujets jeunes de la concordance des traitements d'encodage et de récupération pour accéder à l'information cible (Duchek, 1994). La moindre capacité des personnes âgées à rappeler l'information cible en dépit de la récupération correcte des stratégies pourrait s'interpréter en termes d'altération liée à l'âge des processus discriminatoires et des processus de recherche contrôlée. L'altération des processus discriminatoires liée à l'âge impliquerait une difficulté à distinguer un item associé à un type de traitement d'un autre item associé à un autre type de traitement (Craik & Byrd, 1982). Ainsi, bénéficier de la récupération d'une stratégie impliquerait la recherche contrôlée du mot cible exact, et non un synonyme ou un mot de la même catégorie sémantique, associée à cette stratégie. Or, les personnes âgées ont particulièrement des difficultés à réaliser les tâches de récupération nécessitant une recherche contrôlée de l'information (e.g., Bugaiska et al., 2007 ; Kelley & Sahakyan, 2003).

Finalement, parmi les différentes composantes du déficit des processus stratégiques lié au vieillissement, nous avons également choisi d'étudier le fonctionnement exécutivo-frontal comme élément essentiel dans la mise en œuvre de stratégies mnésiques opérant à l'encodage et à la récupération. L'hypothèse exécutivo-frontale repose sur les observations selon lesquelles (1) les adultes âgés présentent un profil de mémoire analogue à celui des patients cérébrolésés frontaux, c'est-à-dire un déficit spécifique dans les tâches de mémoire nécessitant la mise en œuvre de processus contrôlés (e.g., Davidson & Glisky, 2002 ; Taconnat et al., 2009) ; (2) ils présentent un déclin de leurs performances aux tâches évaluant les fonctions exécutives (e.g., Rhodes, 2004) et (3) une altération relativement précoce du cortex préfrontal (e.g., Dennis & Cabeza, 2008) qui sous-tend majoritairement les fonctions exécutives (e.g., Collette et al., 2006). Globalement, les fonctions exécutives sont impliquées dans la mise en place de stratégies adaptées et dans la récupération de détails liés au contexte d'acquisition des informations. L'altération de ces fonctions au cours du vieillissement limite les processus stratégiques lors de l'encodage (e.g., Bryan et al., 1999) et implique également un déclin spécifique de la remémoration, nécessaire à la réalisation de certaines tâches de mémoire (e.g.,

rappel pus ou moins indicé, Taconnat et al., 2007) et nécessaire à la précision des souvenirs (e.g., Kelley & Sahakyan, 2003).

Concernant les mesures de mémoire, les résultats de l'étude 2 ont confirmé que le fonctionnement exécutif était particulièrement impliqué dans les situations où les sujets ont recours à des processus contrôlés pour effectuer leur apprentissage. Tout d'abord, l'indice exécutif médiatisait spécifiquement les effets de l'âge dans la condition expérimentale proposant un support environnemental modéré, c'est-à-dire dans la condition où nous proposons des stratégies d'encodage sans préciser leur efficacité. Il semble qu'en présence d'une telle consigne, les sujets devaient initier une part de leurs traitements, comme la sélection des stratégies par exemple ou encore leur élaboration. Au contraire, une consigne précisant l'efficacité des stratégies (i.e., support élevé) orienterait préférentiellement l'apprentissage vers l'utilisation de stratégies efficaces et favoriserait également l'élaboration de traitements profonds. Une telle consigne représenterait une aide externe adaptée pour diminuer la part de traitements auto-initiés et par conséquent diminuer le recours aux fonctions exécutives. Par ailleurs, lorsqu'aucun support environnemental n'est fourni, le fonctionnement exécutif ne contribue pas à expliquer les performances de mémoire. Nous avons pourtant supposé qu'en présence d'une telle condition, c'est-à-dire lorsqu' aucune aide externe n'est fournie, les sujets auraient entièrement initié leurs traitements impliquant ainsi spécifiquement le fonctionnement exécutif. Or, il est probable, compte tenu de la difficulté de cette tâche, que les sujets n'aient pas fait l'effort d'élaborer une méthode particulière d'apprentissage, et se soient limités à effectuer de simples répétitions (voir Bryan et al., 1999 pour des résultats équivalents). Enfin, la part de contrôle exécutif impliquée dans l'élaboration de traitements supplémentaires pour l'apprentissage d'associés faibles a directement été mise en évidence par les résultats obtenus avec l'indice de perte des performances liée à la diminution du degré d'association (i.e., dans les conditions avec support modéré et élevé). Ce dernier résultat suggère qu'une part du déficit associatif des adultes âgés s'expliquerait par le dysfonctionnement exécutif qui les caractérise.

Les autres arguments en faveur de l'implication spécifique des fonctions exécutives dans la réalisation de tâches nécessitant la mise en œuvre de processus contrôlés, proviennent des résultats obtenus dans l'étude 4 sur la production de stratégies d'encodage, dans l'étude 6 sur l'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage et dans l'étude 8 sur la récupération efficace des stratégies. De façon intéressante et contrairement aux résultats de l'étude de Bryan et al. (1999), nous avons observé que l'indice exécutif ne contribuait pas à expliquer la production de stratégies à l'encodage. Nous avons interprété ce résultat en termes de

distinction entre utilisation et exécution d'une stratégie. En effet, dans l'étude 4, la mesure retenue correspondait à un report de stratégies utilisées par les participants sans garantie de leur réelle exécution. Ainsi, cette mesure ne reflétait pas rigoureusement les traitements élaborés sur l'information à apprendre, mais plutôt une certaine transcription des opérations que les sujets disaient avoir effectuées sur les paires de mots. Dans ce contexte, il paraissait improbable que l'indice exécutif puisse entretenir une quelconque relation avec cette mesure. En revanche, calculer des indices d'efficacité des stratégies d'encodage et de la récupération des stratégies nous a permis d'évaluer la part de fonctionnement exécutif directement impliquée dans le bénéfice que tiraient les sujets de l'élaboration d'une stratégie d'encodage et de la récupération de celle-ci pour améliorer leur performance mnésique. Ainsi, lorsqu'une part des traitements doit être initiée par les participants comme dans la condition avec un support modéré, le dysfonctionnement exécutif lié à l'âge médiatiserait spécifiquement l'efficacité des stratégies utilisées pour l'apprentissage de mots faiblement associés, expliquant ainsi en partie le déficit associatif en mémoire épisodique des adultes âgés (i.e., *ADH*, Naveh-Benjamin, 2000). En outre, lorsque les traitements sont dirigés par la tâche comme dans la condition avec un support élevé, l'âge ne représente plus un facteur déterminant de l'utilisation efficace des stratégies, contrairement au fonctionnement exécutif qui rend principalement compte de la capacité à bénéficier d'une stratégie d'encodage quel que soit le degré d'association. Concernant la récupération efficace des stratégies, nous avons obtenu des résultats similaires suggérant qu'avec un support élevé le fonctionnement exécutif était le principal facteur expliquant la capacité à exploiter efficacement la récupération d'une stratégie pour rappeler à la fois des mots fortement et faiblement associés. Enfin, nous avons confirmé le rôle déterminant des fonctions exécutives dans la résolution de situations nouvelles (i.e., mots faiblement associés). En effet, quel que soit le niveau du support et pour les mots faiblement associés, le fonctionnement exécutif représente le principal médiateur de l'utilisation efficace de stratégies d'encodage de la récupération efficace de celles-ci.

Conclusion générale

Comme nous l'avons suggéré dans l'introduction générale, l'étude du vieillissement normal de la mémoire comporte deux intérêts. Sur le plan fondamental, elle permet de préciser l'évolution du profil mnésique avec l'âge, de mieux connaître les mécanismes élémentaires que ces changements liés à l'âge impliquent, mais aussi d'évaluer les modèles généraux de la mémoire. Sur le plan pratique, une meilleure connaissance des potentiels mnésiques des personnes âgées contribue à la réflexion plus générale sur la vie personnelle et en société et à la mise en place d'applications répondant aux difficultés rencontrées dans la vie quotidienne. En effet, les apports majeurs de ce travail de thèse sont à considérer selon ces deux perspectives. Tout d'abord, d'un point de vue fondamental, les données obtenues offrent un argument supplémentaire en faveur de l'hypothèse exécutivo-frontale du vieillissement mnésique (Moscovitch & Winocur, 1992 ; Raz, 2000 ; West, 1996). Nous avons montré que le vieillissement normal s'accompagnait d'une diminution du fonctionnement exécutif et que celui-ci était fortement impliqué dans les processus stratégiques lors de l'encodage et de la récupération. En outre, le calcul d'indices de l'efficacité des stratégies utilisées à l'encodage et de la récupération de celles-ci nous a permis de rendre directement compte du rôle déterminant des fonctions exécutives dans l'exploitation efficace de traitements élaborés à l'encodage et dans la récupération contrôlée de l'information. Par ailleurs, nous avons également confirmé le rôle du fonctionnement exécutif dans l'adaptation aux situations nouvelles, c'est-à-dire lorsque les habiletés cognitives surappries ne sont plus suffisantes. En effet, les traitements supplémentaires élaborés pour l'apprentissage de mots faiblement associés étaient directement dépendants du fonctionnement exécutif, et ceci lors de l'encodage et de la récupération. Néanmoins, il est nécessaire de préciser que d'autres facteurs, tels que la diminution de la vitesse de traitement et/ou un déficit strict de mémoire, interagissaient pour déterminer l'amplitude des effets du vieillissement sur la mémoire. Chacun de ces facteurs pourrait apporter une contribution indépendante mais certains sont très fortement reliés. Par exemple, le déficit des traitements auto-initiés coûteux en ressources attentionnelles a été mis en lien avec l'altération des fonctions exécutives (Bryan et al., 1999; Bugajska et al., 2007; Bunce, 2003; Glisky et al., 1995; Taconnat et al., 2006; Taconnat et al., 2007; Taconnat et al., 2008). Ainsi, le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées pourrait en partie s'expliquer de la manière suivante : le vieillissement normal s'accompagne d'un déficit des fonctions exécutives, hautement impliquées dans les situations nouvelles nécessitant l'initiation et l'exécution de stratégies mnésiques, cette dégradation des fonctions exécutives se traduirait ainsi par une moindre efficacité de la production et de l'élaboration de traitements à l'encodage et de la récupération contrôlée de l'information.

L'autre apport majeur de notre travail est à considérer d'un point de vue pratique. En effet, une partie de nos travaux a également confirmé la validité de l'hypothèse du support environnemental (e.g., Craik, 1990). L'augmentation de la quantité et de la qualité du support cognitif fourni à l'encodage a permis de réduire voire de compenser le déficit associatif en mémoire épisodique des personnes âgées. Dans l'ensemble, les données confirment que dans le vieillissement, l'initiation et l'exécution de stratégies d'encodage et de récupération doivent être facilitées par des tâches ou des consignes qui vont diminuer la part de traitements auto-initiés. De façon intéressante, il est apparu que diminuer la part de traitements auto-initiés (par un support environnemental adapté) avait le même effet sur le *control* métamnésique, mesuré par le temps d'apprentissage. En effet, en présence du support environnemental élevé (i.e., précision de l'efficacité des stratégies), les adultes âgés augmentaient plus que les sujets jeunes leur temps d'étude des mots faiblement associés. Ainsi, une consigne précisant l'efficacité des stratégies a probablement permis aux personnes âgées d'utiliser de façon optimale leurs jugements métamnésiques parce qu'ils savaient comment utiliser un temps d'étude supplémentaire par la mise en place de stratégies efficaces et ainsi compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. En résumé, ces résultats sont prometteurs puisqu'ils suggèrent que les personnes âgées disposeraient d'une réserve cognitive qui leur permettrait de diminuer voire de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. On comprend alors aisément l'intérêt de poursuivre les recherches dans le domaine du vieillissement de la mémoire et plus spécifiquement d'approfondir les connaissances sur les facteurs individuels et environnementaux qui optimisent les capacités mnésiques des personnes âgées. Dans ce contexte, on peut citer comme exemple des études menées sur l'entraînement cognitif ou la stimulation cognitive qui ont montré que les personnes âgées étaient dotées d'un potentiel d'apprentissage, ou encore nommé plasticité cognitive, qui leur permettrait de limiter voire de pallier leur déficit cognitif (e.g., Bherer & Belleville, 2004 ; Bherer, Kramer, Peterson, Colcombe, Erickson, McCarley, et al., 2001).

Ainsi, bien que l'avancée en âge s'accompagne de modifications biologiques qui semblent inévitables, l'individu dispose d'une certaine plasticité cognitive qui lui permettrait de rester en partie acteur d'un vieillissement réussi.

Références Bibliographiques

- Alivisatos, B. & Milner, B. (1989). Effects of frontal and temporal lobectomy on the use of advance information in a choice reaction time task. *Neuropsychologia*, 27, 495-503.
- Allen-Burge, R., & Storandt, M. (2000). Age equivalence in feeling-of-knowing experiences. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(4), 214-223.
- Anderson, N. D., & Craik, F. I. M. (2000). Memory in the aging brain. In F. I. M. Craik & E. Tulving (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 411-426). Oxford: Oxford University Press
- Anderson, N. D., Craik, F. I. M., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: I. Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging*, 13, 405-423.
- Anderson, N. D., Iidaka, T., Cabeza, R., Kapur, S., McIntosh, A. R., & Craik, F. I. M. (2000). The effects of divided attention on encoding-and retrieval-related brain activity: A PET study of younger and older adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 775-792.
- Anderson, J. R., & Reder, L. M. (1979). An elaborative processing explanation of depth of processing. In L.S. Cermak & F.I.M. Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Andrés, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 55B, 273-280.
- Andrés, P. & Van der Linden, M. (2001). Supervisory attentional system in patients with focal frontal lesions. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23, 225-239.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (1989). Neuropsychological characteristics of normal aging. *Developmental Neuropsychology*, 5, 307-320.
- Aron, A. R., Monsell, S., Sahakian, B., & Robbins, T. W. (2004). A componential analysis of task-switching deficits associated with lesions of the left and right frontal cortex. *Brain*, 127, 1561-1573.
- Babinski, J. (1914). Contribution à l'étude des troubles mentaux dans l'hémiplégie organique cérébrale (anosognosie). *Revue de Neuropsychologie*, 27, 845-847.
- Bäckman, L., Almkvist, O., Andersson, J., Nordberg, A., Winblad, B., Reineck, R., et al. (1997). Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(3), 378-391.
- Bäckman, L., & Karlsson, T. (1985). The relation between level of general knowledge and feeling-of-knowing: An adult age study. *Scandinavian Journal of Psychology*, 26, 249-258.

- Bäckman, L., Nyberg, L., Lindenberger, U., Li, S. C., & Farde, L. (2006). The correlative triad among aging, dopamine, and cognition: Current status and future prospects. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(6), 791-807.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Balota, D. A., Cortese, M. J., Duchek, J. M., Adams, D., Roediger, H. L., McDermott, K. B., & Yerys, B. E. (1999). Veridical and false memories in healthy older adults and in dementia of the Alzheimer's type. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 361-384.
- Balota, D. A., Dolan, P. O., & Duchek, J. M. (2000). Memory changes in healthy older adults. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 395-409). New York: Oxford University Press.
- Bandura, A. (1989). Regulation of cognitive processes through perceived self-efficacy. *Developmental Psychology*, 25, 729-735.
- Barnes, A. E., Nelson, T. O., Dunlosky, J., Mazzoni, G., & Narens, L. (1999). An integrative system of metamemory components involved in retrieval. In A. Koriati & D. Gopher (Eds.), *Attention and performance XVII—Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 287-313). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bauer, R. H., Kyaw, D., & Kilbey, M. M. (1984). Metamemory of alcoholic Korsakoff patients. *Society of Neuroscience Abstracts*, 10, 318.
- Benjamin, A. S., Bjork, R. A., & Schwartz, B. L. (1998). The mismeasure of memory: When retrieval fluency is misleading as a metamnemonic index. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127(1), 55-68.
- Berry, J. M., West, R. L., & Dennehey, D., M. (1989). Reliability and validity of the Memory Self-Efficacy Questionnaire (MSEQ). *Developmental Psychology*, 25(5), 701-713.
- Bhere, L. & Belleville, S. (2004). The effect of training on preparatory attention in older adults: evidence for the role of uncertainty in age-related preparatory deficits. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 11(1), 37-50.
- Bherer, L., Belleville, S., & Peretz, I. (2001). Education, age, and the Brown-Peterson technique. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 237-251.

- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., McCarley, J. S. et al. (2004). Cognitive plasticity and aging: The effect of laboratory-based-dual-task training on attentional control, *10th Cognitive Aging Conference*. Atlanta, GA.
- Bieman-Copland, S., & Charness, N. (1994). Memory knowledge and memory monitoring in adulthood. *Psychology and Aging*, 9, 287-302.
- Blake, M. (1973). Prediction of recognition when recall fails: Exploring the feeling-of-knowing phenomenon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 311-319.
- Blaxton, T.A. (1989). Investigating dissociations among memory measures: Support for a transfer appropriate processing framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 657-668.
- Botwinick, J. (1984). *Aging and behavior: A comprehensive integration of research findings*: Springer.
- Bouazzaoui, B., Isingrini, M., Fay, S., Angel, L., Vanneste, S., Clarys, D., & Taconnat, L. (2010). Aging and self-reported internal and external memory strategy use : The role of executive functioning. *Acta Psychologica*, 135(1), 59-66.
- Bower, G. H. (1970). Imagery as a relational organizer in associative learning. *Journal of verbal learning & verbal behavior*, 9, 529-533.
- Bower, G. H., & Winzenz, D. (1970). Comparison of associative learning strategies. *Psychonomic Science*, 20, 119-120.
- Brass, M. & von Cramon, D. Y. (2004). Decomposing components of task preparation with functional MRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 609-620.
- Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, 5, S532.
- Braver, T. S., Reynolds, J. R., & Donaldson, D. I. (2003). Neural mechanisms of transient and sustained cognitive control during task switching. *Neuron*, 39, 713-726.
- Brink, T.L., Yesavage, J.A., Lum, O., Heersema, P., Adey, M.B., & Rose, T.L. (1982). Screening tests for geriatric depression. *Clinical Gerontologist*, 1, 37-44.
- Brooks, J. C. W., Roberts, N., Kemp, G. J., Gosney, M. A., Lye, M., & Whithouse, G. H. (2001). A proton magnetic resonance spectroscopy study of age-related changes in frontal lobe metabolite concentrations. *Cerebral Cortex*, 11, 598-605.
- Brown, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 1, pp. 225-253). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Brown, R. & Kulik, J. (1977). "Flashbulb memories", *Cognition*, 5(1), 73-99.
- Bruce, P. R., Coyne, A. C., & Botwinick, J. (1982). Adult age differences in metamemory. *Journal of Gerontology*, 37(3), 354-357.
- Bryan, J., Luszcz, M. A., & Crawford, J. R. (1997). Verbal knowledge and speed of information processing as mediators of age differences in verbal fluency performance among older adults. *Psychology and Aging*, 12, 473-478.
- Bryan, J., Luszcz, M. A., & Pointer, S. (1999). Executive function and processing resources as predictors of adult age differences in the implementation of encoding strategies. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 6, 273-297.
- Bugaiska, A., Clarys, D., Jarry, C., Taconnat, L., Tapia, G., Vanneste, S., & Isingrini, M. (2007). The effect of aging in recollective experience : The processing speed and executive functioning hypothesis. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 16, 797-808.
- Bunce, D. (2003). Cognitive support at encoding attenuates age differences in recollective experience among adults of lower frontal lobe function. *Neuropsychology*, 17(3), 353-361.
- Burke, D. M., & Peters, L. (1986). Word associations in old age: evidence for consistency in semantic encoding during adulthood. *Psychology and Aging*, 1(4), 283.
- Butler, K.M., McDaniel, M.A., Dornburg, C.C., Price, A.L., & Roediger, H.L. (2004). Age differences in veridical and false recall are not inevitable: The role of frontal lobe function. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 921-925.
- Cabeza, R. (2001). An overview of the neural basis of memory. *PsycCRITIQUES*, 46 (5), 462-464.
- Cabeza, R., Daselaar, S. M., Dolcos, F., Prince, S. E., Budde, M., & Nyberg, L. (2004). Taskindependent and task-specific age effects on brain activity during working memory, visual attention and episodic retrieval. *Cerebral Cortex*, 14(4), 364-375.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., et al. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: A positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 17, 391-400.
- Carrasco, M. C., Bernal, M. C., & Redolat, R. (2001). Time estimation and aging: A comparison between young and elderly adults. *International Journal of Aging & Human Development*, 52, 91-101.
- 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, 873-885.

- Cavanaugh, J. C., & Perlmutter, M. (1982). Metamemory: A Critical Examination. *Child Development*, 53(1), 11-28.
- Cavanaugh, J. C., & Poon, L. W. (1989). Metamemorial Predictors of Memory Performance in Young and Older Adults. *Psychology and Aging*, 4(3), 365-368.
- Ceci, S. J., & Tabor, L. (1981). Flexibility and memory: Are the elderly really less flexible? *Experimental aging research*, 7(2), 147.
- Chalfonte, B. L., & Johnson, M. K. (1996). Feature memory and binding in young and older adults. *Memory & Cognition*, 24, 403-416.
- Christoff, K. & Gabrielli, J. D. E. (2000). The frontopolar cortex and human cognition: Evidence for a rostrocaudal hierarchical organization within the human prefrontal cortex. *Psychobiology*, 28, 168-186.
- Clark, J. M. (1996). Contributions of inhibitory mechanisms to unified theory in Neuroscience and Psychology. *Brain and Cognition*, 30, 127-152.
- Clarys, D., Bugaiska, A., Tapia, G., & Baudouin, A. (2009). Ageing, remembering, and cognitive function. *Memory*, 17, 158-168.
- Clarys, D., Isingrini, M., & Gana, K. (2002). Aging and episodic memory: Mediators of age-related differences in remembering and knowing. *Acta Psychologica*, 109, 315-329.
- Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & Van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning neuroimaging. *Neuroscience*, 139, 209-211.
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125.
- Connor, L.T., Dunlosky, J., & Hertzog, C. (1997). Age-related differences in absolute by not relative metamemory accuracy. *Psychology and Aging*, 12, 50-71.
- Cowan, N., Naveh-Benjamin, M., Kilb, A., & Saults, J.S. (2006). Life-Span Development of Visual Working Memory: When is Feature Binding Difficult? *Developmental Psychology*, 42, 1089-1102.
- Craik, F. I. M. (1977). Age differences in human memory. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 384-420). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Craik, F. I. M. (1979). Level of processing: Overview and closing comments. In L. S. Cermak & F. I. M. Craik (Eds.), *Level of processing in human memory* (pp 447-461), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Craik, F. I. M. (1983). On the transfer of information from temporary to permanent memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B* 302, 341-359.

- Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Lix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities, mechanisms, and performances* (pp. 409-422). Amsterdam: Elsevier Science.
- Craik, F.I.M. (1990). Changes with normal aging: A functional view. In R.J.Wutman et al. (Eds.), *Advances in neurology, 51: Alzheimer's disease* (pp. 201-205). New York: Raven.
- Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources. In F. I. M. Craik & S. Trehub (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 191-211). New York: Plenum.
- Craik, F. I. M., Byrd, M., & Swanson, J. M. (1987). Patterns of memory loss in three elderly samples. *Psychology and Aging, 2*(1), 79-86.
- Craik, F. I. M., & Jennings, J. (1992). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (pp. 51-110). Hillsdale, NJ: : Lawrence Erlbaum Associates.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 11*(6), 671-684.
- Craik, F. I. M., & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology. Learning, memory, and cognition, 13*(3), 474-479.
- Craik, F. I. M., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General, 104*, 268-294.
- Crawford, J. R., Bryan, J., Luszcz, M. A., Obonsawin, M. C., & Stewart, L. (2000). The executive decline hypothesis of cognitive aging: Do executive deficits qualify as differential deficits and do they mediate age-related memory decline? *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 7*(1), 9-31.
- Croteau, D. & Nolin, P. (1997). Etude de deux methods d'évaluation de l'anosognosie des deficits de mémoire chez des patients ayant subi un traumatisme crânio-encéphalique. *Revue de Neuropsychologie, 7*(1), 3-28.
- Cull, W. L., & Zechmeister, E. B. (1994). The learning ability paradox in adult metamemory research: Where are the metamemory differences between good and poor learners? *Memory & Cognition, 22*, 249-257.
- Daselaar, S. M., Veltman, D. J., Rombouts, S., Raaijmakers, J. G. W., & Jonker, C. (2003). Deep processing activates the medial temporal lobe in young but not in old adults. *Neurobiology of aging, 24*(7), 1005-1011.

- Davidson, P. S. R., & Glisky, E. L. (2002). Neuropsychological correlates of recollection and familiarity in normal aging. *Cognitive, Affective, Behavioral Neuroscience*, 2(2), 174-186.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (pp. 1–54).
- Dennis, N. A., Daselaar, S., & Cabeza, R. (2006). Effects of aging on transient and sustained successful memory encoding activity. *Neurobiology of Aging*.
- Derwinger A, Neely A., & Bäckman L. (2005). Design your own memory strategies! Self-generated strategy training versus mnemonic training in old age: An 8-month follow-up. *Neuropsychological Rehabilitation*, 15, 37-54.
- Devolder, P. A., Brigham, M. C., & Pressley, M. (1990). Memory performance awareness in younger and older adults. *Psychology and Aging*, 5(2), 291-303.
- deWinstanley, P. A., & Bjork, E. L. (1997). Processing instructions and the generation effect: A test of the multifactor transfer-appropriate processing theory. *Memory*, 5, 401-421.
- deWinstanley, P. A., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (1996). Generation effect and the lack thereof: The role of transfer-appropriate processing. *Memory*, 4, 31-48.
- Dixon, R. A. (1989). Questionnaire research on metamemory and aging: Issues of structure and function. In L. W. Poon, D. C. Rubin & B. A. Wilson (Eds.), *Everyday cognition in adulthood and late life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dixon, R. A., & Hultsch, D. F. (1983). Structure and development of metamemory in adulthood. *Journal of Gerontology*, 38(6), 682-688.
- Douchemane, D., Isingrini, M., & Souchay, C. (2007). Viellissement, fonctions exécutives et mémoire: dissociation entre le feeling-of-knowing (sentiment de savoir) en mémoire épisodique et sémantique. *L'Année Psychologique*, 107(4), 597-622.
- Drew, E. A. (1975). Go-no go learning after frontal lobe lesions in humans. *Cortex*, 11, 8-16.
- Driscoll, I., Hamilton, D. A., Petropoulos, H., Yeo, R. A., Brooks, W., M., Baumgartner, R., N., Sutherland, R. J. et al. (2003). The aging hippocampus: Cognitive, biochemical and structure findings. *Cerebral Cortex*, 13 (12), 1344-1351.
- Dubois, B., Boller, F., Pillon, B., & Agid, Y. (1991). Cognitive deficits in Parkinson's disease. In F. Boller & J. Grafman (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (pp. 195-240). Amsterdam: Elsevier Science Publishes.
- Du Boisgueheneuc, F., Levy, R., Volle, E., Seassau, M., Duffau, H., Kinkingnehum, S., et al. (2006). Functions of the left superior frontal gyrus in humans: A lesion study. *Brain*, 129, 3315-3328.

- Duchek, J. M. (1984). Encoding and retrieval differences between young and old : The impact of attentional capacity usage. *Developmental Psychology*, 20, 1173-1180.
- Duncan, J., Johnson, R., Swales, M., & Freer, C. (1997). Frontal lobe deficits after head injury: Unity and diversity of function. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 713-741.
- Dunlosky, J., & Connor, L. (1997). Age difference in the allocation of study time account for age differences in memory performance. *Memory and Cognition*, 25, 691-700.
- Dunlosky, J., & Hertzog, C. (1998). Training programs to improve learning in later adulthood: Helping older adults educate themselves. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 249-275). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dunlosky, J., & Hertzog, C. (1998). Aging and deficits in associative memory: What is the role of strategy use? *Psychology and Aging*, 13, 597-607.
- Dunlosky, J. & Hertzog, C. (2000). Updating knowledge about strategy effectiveness: A componential analysis of learning about strategy effectiveness from task experience. *Psychology and Aging*, 15, 462-474.
- Dunlosky, J. & Hertzog, C. (2001). Measuring strategy production during associative learning: The relative utility of concurrent versus retrospective reports. *Memory and Cognition*, 29, 247-253.
- Dunlosky, J., Hertzog, C., & Powell-Moman, A. (2005). The contribution of mediator-based deficiencies to age differences in associative learning. *Developmental Psychology*, 41 (2), 389-400.
- Dunlosky, J., Kubat-Silman, A. K., & Hertzog, C. (2003). Effects of aging on the magnitude and accuracy of quality-of-encoding judgments. *American Journal of Psychology*, 116(3), 431-454.
- Duverne, S., & Lemaire, P. (2004). Age-related differences in arithmetic problem verification strategies. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 59, P135-142.
- Eichenbaum, H. (2004). Hippocampus: Cognitive processes and neural representations that underlie declarative memory. *Neuron*, 44, 109-120.
- Eslinger, P. & Grattan, L. (1994). Altered serial position learning after frontal lobe lesion. *Neuropsychologia*, 32(6), 729-739.
- Eustache, F. (2003). *Pourquoi notre mémoire est-elle si fragile ?* Paris : Le Pommier.
- Eustache, F., & Desgranges, B. (2003). Concepts et modèles en neuropsychologie de la mémoire : entre théorie et pratique clinique. In T. Meulemans, B. Desgranges, S. Adam

- & F. Eustach (Eds), *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques*. Marseille : Solal, pp. 9-45.
- Eysenck, M. W. (1974). Age Differences in Incidental Learning. *Developmental Psychology*, 10(6), 936-941.
- Eysenck, M.W. (1979). Depth, elaboration, and distinctiveness. In L.S. Cermak & F.I.M. Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory* (pp. 89–118).
- Eysenck, M.W., & Eysenck, M. C. (1979). Processing depth, elaboration of encoding, memory stores and expended processing capacity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 472-484.
- Feher, E. P., Mahurin, R. K., Inbody, S. B., Crook, T. H., & Pirozzolo, F. J. (1991). Anosognosia in Alzheimer's disease. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*, 4, 136–146.
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A., & Posner, M. I. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 9(20), 288-307
- Finn, B. (2008). Framing effects on metacognitive monitoring and control. *Memory & Cognition*, 36, 813-821.
- Fisher, R.P., & Craik, F.I.M. (1977). Interaction between encoding and retrieval operations in cuedrecall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 701–711.
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(7), 874-890.
- Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14(4), 272-278.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R. V. Kail & J. W. Hagen (Eds.), *Perspectives on the Development of Memory and Cognition* (pp. 3-33). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Folstein, M., Folstein, S., & McHugh, P. (1975). 'Mini-mental state': A practical method for grading the cognition state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatry Research*, 12, 189-198.

- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 101-135.
- Froger, C., Tacconnat, L., Landré, L., Beigneux, K. & Isingrini, M. (2009). Levels of processing effect according to retrieval task in mild cognitive impairment and normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31, 312-321.
- Gabrieli, J. D. E., Poldrack, R. A., & Desmond, J. E. (1998). The role of left prefrontal cortex in language and memory (Vol. 95, pp. 906-913): National Academy of Sciences.
- Gardiner, J. M. (1988). Functional aspects of recollective experience. *Memory & Cognition*, 16, 309-313.
- Gardiner, J. M., & Richardson-Klavehn, A. (2000). Remembering and knowing. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Gershberg, F. B., & Shimamura, A. P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 13(10), 1305-1333.
- Gilewski, M. J., & Zelinski, E. M. (1986). Questionnaire assessment of memory complaints. In L. W. Poon, T. Cook, K. L. Davis, C. Eisdorfer, B. J. Gurland, A. W. Kaszniak & L. W. Thompson (Eds.), *Handbook for clinical memory assessment of older adults* (pp. 93-107). Washington, DC: American Psychological Association.
- Glisky, E. L., Rubin, S. R., & Davidson, P. S. (2001). Source memory in older adults: An encoding or retrieval problem? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 5, 1131-1146.
- Godfrey, H.P., Partridge, F.M., Knight, R.G., & Bishara, S.N. (1993). Course of insight disorder and emotional dysfunction following closed head injury, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 503–515.
- Glisky, E. L., Polster, M. R., & Routhieaux, B. C. (1995). Double dissociation between item and source memory. *Neuropsychology*, 9, 229-229.
- Grady, C. L. (2000). Functional brain imaging and age-related changes in cognition. *Biological Psychology*, 54, 259-281.
- Grady, C. L., Bernstein, L. J., Beig, S., & Siegenthaler, A. L. (2002). The effects of encoding task on age-related differences in the functional neuroanatomy of face memory. *Psychology and aging*, 17(1), 7.

- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Bookstein, F., Horwitz, B., Rapoport, S. I., & Haxby, J. V. (1998). Age-related changes in regional cerebral blood flow during working memory for faces. *Neuroimages*, 8 (4), 409-425.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Horwitz, B., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., et al. (1995). Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, 269(5221), 218-221.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Rajah, M. N., Beig, S., & Craik, F. I. M. (1999). The effects of age on the neural correlates of episodic encoding. *Cerebral Cortex*, 9(8), 805-814.
- Grady, C. L., Springer, M. V., Hongwanishkul, D., McIntosh, A. R., & Winocur, G. (2006). Age-related changes in brain activity across the adult lifespan. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(2), 227-41
- Graf, P. (1980). Two consequences of generating: Increased inter and intra word organization of sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 316-327.
- Graf, P. (1981). Reading and generating normal and transformed sentences, *Canadian Journal of Psychology*, 35, 293-308.
- Graf, P. (1982). The memorial consequences of generation and transformation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 539-548.
- Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L., et al. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding: frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(1), 84-96.
- Hart, J. T. (1965). Memory and the Feeling-of-Knowing experiments. *Journal of Educational Psychology*, 56, 208- 216.
- Hart, J. T. (1967a). Second-try recall, recognition, and the memory-monitoring process. *Journal of Educational Psychology*, 58, 193 -197.
- Hart, J. T. (1967b). Memory and the memory-monitoring process. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 685-691.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193-225). New York, NY: Academic Press.
- 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, 768–788.

- Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtiss, G. (1993). *Wisconsin Card Sorting Test manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Heine, M. K., Ober, B. A., & Shenaut, G. K. (1999). Naturally occurring and experimentally induced tip-of-the-tongue experiences in three adult age groups. *Psychology and Aging*, 14(3), 445-457.
- Hertzog, C., & Dixon, R. A. (1994). Metacognitive development in adulthood and old age. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 227-251). Cambridge, MA: MIT press.
- Hertzog, C., Dixon, R. A., & Hultsch, D. F. (1990). Relationships between metamemory, memory prediction, and memory task performance in adults. *Psychology and Aging* 5(2), 215-227.
- Hertzog, C., Dunlosky, J., Robinson, A. E., & Kidder, D. P. (2003). Encoding fluency is a cue used for judgment about learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(1), 22-34.
- Hertzog, C., & Hultsch, D. F. (2000). Metacognition in adulthood and old age. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hertzog, C., Hultsch, D. F., & Dixon, R. A. (1989). Evidence for the convergent validity of two self-report metamemory questionnaires. *Developmental Psychology*, 25, 687-700.
- Hertzog, C., Kidder, D. P., Powell-Moman, A., & Dunlosky, J. (2002). Aging and monitoring associative learning: Is monitoring accuracy spared or impaired? . *Psychology and Aging*, 17, 209-225.
- Hertzog, C., Saylor, L. L., Fleece, A. M., & Dixon, R. A. (1994). Metamemory and aging: Relations between predicted, actual, and perceived memory task performance. *Aging and Cognition*, 1, 203-237.
- Hines, J. C., Touron, D. R., & Hertzog, C. (2009). Metacognitive influences on study time allocation in an associative recognition task: An analysis of adult age differences. *Psychology and Aging*, 24(2), 462-475.
- Hirshman, E., & Bjork, R. A. (1988). The generation effect: Support for two-factor theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 484-494.
- Hirst, W. & Volpe, B. (1988). Memory strategies with brain damage. *Brain and Cognition*, 8, 379-408.

- Hockley, W. E. (1991). Recognition memory for item and associative information: A comparison of forgetting rates. In W. E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data: Essays human memory in honor of Bennet B. Murdock* (pp. 227-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hockley, W. E. (1992). Item versus associative information: Further comparisons of forgetting rates. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1321-1330.
- Hockley, W. E., & Cristi, C. (1996). Tests of encoding tradeoffs between item and associative information. *Memory & Cognition*, 24, 202-216.
- Hultsch, D. F. (1969). Adult age differences in the organization of free recall. *Developmental Psychology*, 1, 673-678.
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Dixon, R. A., & Davidson, H. (1988). Memory self-knowledge and self-efficacy in the aged. In M. L. Howe & C. J. Brainerd (Eds.), *Cognitive development in adulthood: Progress in cognitive development research* (pp. 65-92). New York: Springer.
- Humphreys, M. S. (1976). Relational information and the context effect in recognition memory. *Memory & Cognition*, 4, 221-232.
- Hunt R. R. & Elliott, J.M. (1980). The role of nonsemantic information in memory: Orthographic distinctiveness effects on retention, *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 49-74.
- Isingrini, M. (2004). Fonctions exécutives, mémoire et métamémoire dans le vieillissement normal. In T. Meulemans, F. Collette & M. V. d. Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives* (pp. 79-108). Marseille: Solal.
- Isingrini, M., & Vazou, F. (1997). Relation between fluid and frontal lobe functioning in older adults. *International Journal of Aging & Human Development*, 45, 99-109.
- Izaute, M., Larochelle, S., Morency, J., & Tiberghien, G. (1996). La validité du sentiment de savoir au rappel et à la reconnaissance. *Canadian journal of experimental psychology*, 50(2), 163-180.
- Jacoby, L. L. (1978). On interpreting the effects of repetition : solving a problem versus remembering a solution, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 649-667.
- Java, R. I., & Gardiner, J. M. (1991). Priming and aging: Further evidence of preserved memory function. *American Journal of Psychology*, 104, 89-100.

- Jennings, J. M., & Jacoby, L. L. (1993). Automatic versus intentional uses of memory: Aging, attention, and control. *Psychology and Aging*, 8, 283-293.
- Jennings, J. M., & Jacoby, L. L. (1997). An opposition procedure for detecting age-related deficits in recollection: telling effects of repetition. *Psychology and Aging*, 12, 352- 361.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-431.
- Jacoby, L.L., Debner, J.A., & Hay, J.F. (2001). Proactive interference, accessibility bias, and process dissociations: Valid subjective reports of memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 686–700.
- Janowsky, J. S., Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1989). Memory and metamemory: Comparisons between patients with frontal lobe lesions and amnesic patients. *Psychobiology*, 17, 3-11.
- Johnson, M. K., & Chalfonte, B. L. (1994). Binding complex memories: The role of reactivation and the hippocampus. In D. L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 311-350). Cambridge, MA: MIT Press.
- Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S., et al. (1997). Verbal working memory loads affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 462-475.
- Isingrini, M., Hauer, K., & Fontaine, R. (1996). Effet du vieillissement sur les réponses basées sur la familiarité et sur la recherche en situation de reconnaissance. *L'année Psychologique*, 96(2), 255-273.
- Isingrini, M., & Taconnat, L. (1997). Aspects du vieillissement normal de la mémoire. *Psychologie Française*, 42(4), 319-331.
- Jacoby, L. L. (1978). On interpreting the effects of repetition : solving a problem versus remembering a solution, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 649-667.
- Kaplan, G. B., Sengör, N. S., Gürvit, H., Genç, I., & Güzelis, C. (2006). A composite neural network model for perseveration and distractibility in the Wisconsin card sorting test. *Neural Networks*, 19, 375–387.
- Kausler, D.H. (1994) Learning and memory in normal aging. San Diego: Academic Press.
- Keele, S. W. & Rafal, R. (2000). Deficits in task set in patients with left prefrontal cortex lesions. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance* (pp. 627-651). Cambridge (MA): MIT Press.
- Kelley, C. M., & Sahakyan, L. (2003). Memory, monitoring, and control in the attainment of memory accuracy. *Journal of Memory and language*, 48(4), 704-721.

- Kennedy, M. R. T., & Yorkston, K. M. (2000). Accuracy of metamemory after a traumatic brain injury: predictions during verbal learning. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 1072-1086.
- Klein, S. B., & Kihlstrom, J. F. (1986). Elaboration, organization, and the self-reference effect in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115(1), 26-38.
- Kluwe, R. H. (1987). Executive decisions and regulation of problem solving behavior. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 31-64). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Knight, R. T., Hillyard, S. A., Woods, D. L., & Neville, H. J. (1981). The effects of frontal cortex lesions on event-related potentials during auditory selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 52, 571-582.
- Kolers, P. A. (1973). Remembering operations. *Memory and Cognition*, 1, 347-355.
- Kolers, P. A. (1979). A pattern-analyzing basis of recognition. In L. S. Cermak & F. I. M. Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory* (pp. 363-384). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kopelman, M. D. (1989). Remote and autobiographical memory, temporal context memory and frontal atrophy in Korsakoff and Alzheimer patients. *Neuropsychologia*, 27, 437-460.
- Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In P. D. Zelazo, M. Moscovitch & E. Thompson (Eds.), *Cambridge handbook of consciousness* (pp. 289-325). New York: Cambridge University Press.
- Koriat, A., Sheffer, L., & Ma'ayan, H. (2002). Comparing objective and subjective learning curves: Judgments of learning exhibit increased underconfidence with practice. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 147-162.
- Kray, J., Li, K. Z. H., & Lindenberger, U. (2002). Age-related changes in task-switching components the role of task uncertainty. *Brain and Cognition*, 49(3), 363-381.
- Lachman, J. L., Lachman, R., & Thronesberry, C. (1979). Metamemory through the adult life span. *Developmental Psychology*, 15, 543-551.
- Larrue, V., Celsis, P., Bès, A., & Marc-Vergnes, J.-P. (1994). The functional anatomy of attention in humans: Cerebral blood flow changes induced by reading, naming and the Stroop effect. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 14, 958-962.
- La Voie, D., & Light, L. L. (1994). Adult age differences in repetition priming: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 9, 539-553.

- Lawson, M. (1980). Metamemory: Making decisions about strategies. In J. B. Biggs & J. Kurby (Eds.), *Cognition, development and Instruction*. New York: Academic Press.
- Lemaire, P. (1999). *Le vieillissement cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Lemaire, P., Arnaud, L., & Lecacheur, M. (2004). Adults' age-related differences in adaptivity of strategy choices: Evidence from computational estimation. *Psychology and Aging, 10*(3), 467-481.
- Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). Vieillissement et Mémoire. In P. Lemaire & L. Bherer (Eds.), *Psychologie du vieillissement. Une perspective cognitive*. (pp. 121-153). Bruxelles: De Boeck Université.
- Leonesio, R. J. & Nelson, T. O. (1990). Do different metamemory judgments tap the same underlying aspects of memory? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*, 464-470.
- Lhermitte, F., Desrouesne, J., & Signoret, J. L. (1972). Analyse neuropsychologique du syndrome frontal. *Revue Neurologique, 127*, 415-440.
- Lieury, A., Iff, M., & Duris, P. (1976). *Normes d'associations verbales*. Paris V, France: Laboratoire de Psychologie expérimentale de l'Université de Paris V.
- Light, L. L. (1991). Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual review of psychology, 42*(1), 333-376.
- Light, L. L. (1992). The organization of memory in old age. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 111-166). Hillsdale, NJ:: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lineweaver, T., & Hertzog, C. (1998). Adults efficacy and control beliefs regarding memory and aging: Separating general from personal beliefs. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 5*(4), 264-296.
- Loewen, E.R., Shaw, R.J., & Craik, F.I.M. (1990). Age differences in components of metamemory. *Experimental Aging Research, 16*, 43-48.
- Logan, J. M., Sanders, A. L., Snyder, A. Z., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2002). Under Recruitment and Nonselective Recruitment Dissociable Neural Mechanisms Associated with Aging. *Neuron, 33*(5), 827-840.
- Lovelace, E. A. (1990). Aging and metacognition concerning memory function. In E. A. Lovelace (Ed.) *Aging and cognition: Mental processes, self-awareness and interventions* (pp. 157-187). Amsterdam: North-Holland.
- Lovelace, E. A., & Cooley, S. (1982). Free associations of older adults to single words and conceptually related word triads. *Journal of gerontology, 37*(4), 432.

- Lovelace, E. A., & Marsh, G. R. (1985). Prediction and evaluation of memory performance by young and old adults. *Journal of Gerontology*, 40, 192-197.
- Luo, L., Hendriks, T., & Craik, F.I.M. (2007). Age differences in recollection : Three patterns of enhanced encoding. *Psychology and Aging*, 22 (2),269-280.
- Luria, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man*. London: Tavistock.
- Lyness, S. A., Eaton, E. M., & Schneider, L. S. (1994). Cognitive performance in older and middle-aged depressed outpatients and controls. *Journal of Gerontology*, 49(3), 129-136.
- Maki, R.H.,&Berry, S.L. (1984). Metacomprehension of textmaterial. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 663–679.
- Mandler G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological review*, 87, 252-271.
- Mäntylä, T., & Nilsson, L. G. (1983). Are my cues better than your cues? Uniqueness and reconstruction as prerequisites for optimal recall of verbal materials. *Scandinavian Journal of Psychology*, 24, 303-312.
- Marquié, J. C., & Huet, N. (2000). Age differences in feeling-of-knowing and confidence judgements as a function of knowledge domain. *Psychology and Aging*, 15(3), 451-460.
- Marschark, M. & Hunt, R. R. (1989). A reexamination of the role of imagery in learning and memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 15, 710-720.
- Matvey, G., Dunlosky, J., Shaw, R. J., Parks, C., & Hertzog, C. (2002). Age-related equivalence and deficit in knowledge updating of cue effectiveness. *Psychology & Aging*, 17, 589-597.
- Matvey, G., Dunlosky, J., & Guttentag, R. (2001). Fluency of retrieval at study affects judgements of learning (JOLs): An analytic or nonanalytic basis for JOLs? *Memory and Cognition*, 29(2), 222-233.
- Mayr, U., Diedrichsen, J., Ivry, R., & Keele, S. W. (2006). Dissociating task-set selection from task set inhibition in the prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 14-21.
- Mazzoni, G. (1999). Métaconnaissances et processus de contrôle. In P. A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.), *Métacognition et éducation* (pp. 31-60). Bern: Peter Lang.
- Mazzoni, G., & Cornoldi, C. (1993). Strategies in study time allocation: why is study time sometimes not effective? *Journal of Experimental Psychology. General*, 122(1), 47-60.

- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Jacoby, L. L. (2008). New considerations in aging and memory: the glass may be half full. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 251-310). New York: Psychology Press.
- McDaniel, M. A. & Kearney, E. M. (1984). Optimal learning strategies and their spontaneous use: The importance of task-appropriate processing. *Memory & Cognition*, 12, 361-373.
- McDonald-Miszczak, L., Hertzog, C., & Hultsch, D. F. (1995). Stability and accuracy of metamemory in adulthood and aging: A longitudinal analysis. *Psychology and Aging*, 10(4), 553-564.
- McElroy, L. A. (1987). The generation effect with homographs: Evidence for post-generation processing, *Memory and Cognition*, 15, 148-153.
- McElroy, L. A., & Slamecka N. (1982). Memorial consequences of generating non words: Implications for semantic memory interpretations of the generation effect. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 249-259.
- McGlynn, S. M., & Schacter, D. L. (1989). Unawareness of deficits in neuropsychological syndromes. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 143-205
- Mecklinger, A. D., von Cramon, D. I., Springer, A., & Matthes-von Cramon, G. (1999). Executive control functions in task switching: evidence from brain injured patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 21, 606-619.
- Meeter, M., & Nelson, T. O. (2003). Multiple study trials and judgments of learning. *Acta Psychologica*, 113, 123-132.
- Mehlsen, M.Y., Thomsen, D., Viidik, A., Olesen, F., & Zachariae, R. (2005). Cognitive processes involved in the evaluation of life satisfaction: Implications for well-being", *Aging and Mental Health*, 9, 281-290.
- Metcalf, J. (1993). Novelty monitoring, metacognition, and control in a composite holographic associative recall model: Implications for Korsakoff amnesia. *Psychological Review*, 100, 3-22.
- Metcalf, J. (2002). Is study time allocated selectively to a region of proximal learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 349-363.
- Metcalf, J., & Kornell, N. (2005). A region of proximal learning model of study time allocation. *Journal of Memory & Language*, 52, 463-477.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 21, 167-202.

- Milner, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. In J. M. Warren & K. Akert (Eds.), *The frontal granular cortex and behavior* (pp. 313-331). New York: McGraw-Hill.
- Mitchell, K. J., Johnson, M. K., & Mather, M. (2003). Source monitoring and suggestibility to misinformation: Adult age-related differences. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 107-119.
- Mitchell, K. M., Johnson, M. K., Raye, C. L., Mather, M., & D'Esposito, M. (2000). fMRI evidence of age-related hippocampal dysfunction in feature binding in working memory. *Cognitive Brain Research, 10*, 197-206.
- Morris, C.D., Bransford, J.D., & Franks, J.J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 16*, 519-533.
- Morris, N. & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology, 81*, 111-121.
- Moscovitch, M. (1992). Memory and working-with-memory: A component process model based on modules and central systems. *Journal of Cognitive Neuroscience, 4*, 257-267.
- Moscovitch M (2008). The hippocampus as a "Stupid," domain-specific module: Implications for theories of recent and remote memory, and of imagination. *Canadian Journal of Experimental Psychology 62(1)*, 62-79.
- Moscovitch, M. & Craik, F.I.M. (1976). Depth of processing, retrieval cues, and uniqueness of encoding as factors in recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 15*, 447-458.
- Moscovitch, M., & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of Aging and Cognition*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Moulin, C. J. A., Perfect, T. J., & Jones, R. W. (2000a). The effects of repetition on allocation of study time and judgments of learning in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia, 38*, 748-756.
- Moulin, C. J. A., Perfect, T. J., & Jones, R. W. (2000b). Evidence for intact memory monitoring in Alzheimer's disease: metamemory sensitivity at encoding. *Neuropsychologia, 38*, 1242-1250.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.

- Mulligan, N. W. & Lozito, J. P. (2004). Self-generation and memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 45, 175-214.
- Murphy, M. D., Sanders, R. E., Gabriesheski, A. S., & Schmitt, F. A. (1981). Metamemory in the aged. *Journal of Gerontology*, 36(2), 185-193.
- Murphy, M. D., Schmitt, F. A., Caruso, M. J., & Sanders, R. E. (1987). Metamemory in older adults: The role of monitoring in serial recall. *Psychology and Aging*, 2, 331-339.
- 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, 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 (1), 202-208.
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., Kilb, A., & Reedy, S. (2004). The associative deficit of older adults: Further support using face-name associations. *Psychology and Aging*, 19, 541-546.
- 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(5), 826-837.
- Nelson, T. O. (1984). A comparison of current measures of the accuracy of feeling-of-knowing predictions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 109-133.
- Nelson, T. O. (1996). Consciousness and metacognition. *The American Psychologist*, 51(2), 102-116.
- Nelson, T., & Dunlosky, J. (1991). When people's judgments of learning (JOLs) are extremely accurate at predicting subsequent recall: the "delayed-JOL effect". *Psychological Science*, 2, 267-270.
- Nelson, T. O., & Leonesio, R. J. (1988). Allocation of self-paced study time and the "labor-in-vain effect." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(4), 676-686.
- Nelson, T. O., Leonesio, R. J., Landwehr, R. S., & Narens, L. (1986). A comparison of three predictors of an individual's memory performance; the individual's feeling of knowing versus the normative feeling of knowing versus base-rate item difficulty. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 12(2), 279-287.
- Nelson, T. O., Leonesio, R. J., Shimamura, A. P., & Landwehr, R. F. (1982). Overlearning and the Feeling of Knowing. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 8(4), 279-288.

- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 26, pp. 125-173). New York: Academic Press.
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 1-25). Cambridge, MA: MIT Press.
- Nilson, L., Law, J., & Tulving, E. (1988). Recognition failure of recallable unique names: Evidence for an empirical law of memory and learning. *Journal of Experimental Psychology*, 14(2), 266-277.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1980). *Attention to action: Willed and automatic control of behavior* (No. 99 Technical report). San Diego, CA: University of California, Center for human information processing.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Owen, A. M., Stern, C. E., Look, R. B., Tracey, I., Rosen, B.R., & Petrides, M. (1998). Functional organization of spatial and nonspatial working memory processing within the human lateral frontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95, 7721-7726.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations*. New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status, *Canadian Journal of Psychology*, 25, 255-287.
- Paivio, A. & Csapo, K. (1969). Concrete image and verbal memory codes. *Journal of Experimental Psychology*, 80, 279-285.
- Paivio, A. & Csapo, K (1973). Picture superiority in free recall : Imagery or dual coding? *Cognitive Psychology*, 5, 176-206.
- Paivio, A., Smythe, P. C., & Yuille, J. C. (1968). Imagery versus meaningfulness of nouns in paired-associate learning. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 427-441.
- Paivio, A., Yuille, J. C., & Smythe, P. (1966). Stimulus and response abstractness, imagery, and meaningfulness, and reported mediators in paired-associates learning. *Canadian Journal of Psychology*, 20, 362-377.

- Pansky, A., Goldsmith, M., Koriati, A., & Pearlman-Avni, S. (2009). Memory accuracy in old age: Cognitive, metacognitive, and neurocognitive determinants. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(2-3), 303-329.
- Pardo, J. V., Pardi, P. J., Janer, K. W., & Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceeding of the National Academy of Sciences, USA*, 87, 256-259.
- Parkin, A. J., & Walter, B. M. (1992). Recollective experience, normal aging, and frontal dysfunction. *Psychology and Aging*, 7, 290-298.
- Parkin, A. J., Walter, B. R., & Hunkin, N. M. (1995). Relationships between normal aging, frontal lobe function and memory for temporal and spatial information. *Neuropsychology*, 9, 304-312.
- Perbal, S., Droit-Volet, S., Isingrini, M., & Pouthas, V. (2002). Relationships between age-related changes in time estimation and age-related changes in processing speed, attention and memory. *Aging, Neuropsychology, & Cognition*, 9, 201-216.
- Perlmutter, M. (1978). What is memory aging the aging of? *Developmental Psychology*, 14, 330-345.
- Perlmutter, M., & Mitchell, D. B. (1982). The appearance and disappearance of age differences in adult memory. In F. I. M. Craik & S. Treisman (Eds.), *Aging and cognitive processes* (pp. 127-144). New York: Plenum.
- Perret, E. (1974). The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorical behavior. *Neuropsychologia*, 12, 323-330.
- Perrotin, A., Isingrini, M., Souhlay, C., Clarys, D., & Taconnat, L. (2006). Episodic feeling-of-knowing accuracy and cued recall in the elderly: Evidence for double dissociation involving executive functioning and processing speed. *Acta Psychologica*, 122(1), 58-73.
- Pinon, K., Allain, P., Kefi, M. Z., Dubas, F., & Le Gall, D. (2005). Monitoring processes and metamemory experience in patients with dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 57, 185-188.
- Piolino, P., Desgranges, B., Benali, K., & Eustache, F. (2002). Episodic and semantic remote autobiographical memory in ageing. *Memory*, 10(4), 239-257.
- Piolino, P., Desgranges, B., Clarys, D., Guillery-Girard, B., Taconnat, L., Isingrini, M., et al. (2006). Autobiographical memory, autonoetic consciousness and self-perspective in aging. *Psychology and Aging*, 21(3), 110-125.

- Poldrack, R. A., Wagner, A. D., Prull, M. W., & Desmond, J. E. (1999). Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex. *Neuroimage*, 10, 15-35.
- Pollack, I., Johnson, L. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 137-146.
- Prigatano, G. P. (1991). Disturbance of self-awareness of deficit after traumatic brain injury. In G. P. Prigatano & D. L. Schacter, *Awareness of deficit after brain injury: clinical and theoretical issues* (pp. 111-126). Oxford: Oxford University Press.
- Prull, M. W., Gabrieli, J. D. E., & Bunge, S. A. (2000). Memory and aging: A cognitive neuroscience perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of Aging and Cognition* (2nd ed., pp. 1-90). Mahwah, N. J. : Erlbaum.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1-38). Hove, UK: Psychology Press.
- Rabinowitz, J. C. (1984). Aging and recognition failure. *Journal of Gerontology*, 39(1), 65-71.
- Rabinowitz, J. C., Ackerman, B. P., Craik, F. I. M., & Hinchley, J. L. (1982). Aging and metamemory: The roles of relatedness and imagery. *Journal of Gerontology*, 37, 688-695.
- Rabinowitz, J. C., Craik, F. I. M., & Ackerman, B. P. (1982). A processing resource account of age differences in recall. *Canadian Journal of Psychology*, 36, 325-344.
- Raven, J. C., Court, J. H. & Raven, J. (1986). *Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- 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, 1676-1689.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., Head, D., Kennedy, K. M., & Acker, J. D. (2004). Differential aging of the medial temporal lobe: A study of a five-year change. *Neurology*, 62 (3), 433-438.
- Reder, L. M. (1988). Strategic control of retrieval strategies. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 227-259). San Diego, CA: Academic Press.
- Reed, H. B. (1918a). Associative aids: I. Their relation to learning, retention, and other associations. *Psychological Review*, 25, 128-155.

- Reed, H. B. (1918b). Associative aids: II. Their relation to practice and the transfer of training. *Psychological Review*, 25, 257-285.
- Reese, C. M., & Cherry, K. E. (2006). Effects of age and ability on self-reported memory functioning and knowledge of memory aging. *The Journal of Genetic Psychology*, 167(2), 221-240.
- Rhodes, M. G. (2004). Age-related differences in performance on the Wisconsin Card Sorting Test: A meta analytic review. *Psychology and Aging*, 19(3), 482-494.
- Richardson, J. T. E. (1978). Reported mediators and individual differences in mental imagery. *Memory and Cognition*, 6, 376-378.
- Richardson, J. T. E. (1985). Converging operations and reported mediators in the investigation of mental imagery. *British Journal of Psychology*, 76, 205-214.
- 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 (4), 597-614.
- Richer, F., Décary, A., Lapiere, M.-F., Rouleau, I., Bouvier, G., & Saint-Hilaire, J.-M. (1993). Target detection deficits in frontal lobectomy. *Brain and Cognition*, 21, 203-211.
- Ridderinkhof, K. R., Span, M. M., & Van der Molen, M. W. (2002). Perseverative behavior and adaptive control in older adults: Performance monitoring, rule induction, and set shifting. *Brain and Cognition*, 49(3), 382- 401.
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306, 443-447.
- Robinson, A. E., Hertzog, C. & Dunlosky, J. (2006). Aging, Encoding fluency, and Metacognitive monitoring. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13, 458-478.
- Roediger, H.L., Weldon, M.S., & Challis, B.H. (1989). Explaining dissociations between implicit and explicit measures of retention: A processing account. Chapter in H.L. Roediger & F.I.M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving*. (pp. 3-39). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rogers, W. A., Hertzog, C., & Fisk, A. D. (2000). Age-related differences in associative learning: An individual differences analysis of ability and strategy influences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 359-394.
- Rogers, T. B., Kuiper, N. A., & Kirker, W. S. (1977). Self-reference and the encoding of personal information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 35, 677-688.

- Rohwer, W. D. Jr. (1973). Elaboration and learning in childhood and adolescence. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior*, 8, 1-57. New-York: Academic Press.
- Salmon, E., Van der Linden, M., Collette, F., Delfiore, G., Maquet, P., Degueldre, C., et al. (1996). Regional brain activity during working memory tasks. *Brain*, 119, 1617-1625.
- Salthouse, T. A. (1988). Effects of aging on verbal abilities: Examination of the psychometric literature. In L. L. Light & D. M. Burke (Eds.), *Language, memory, and aging* (pp. 17-35). New York: Cambridge University Press.
- Salthouse, T. A., & Fristoe, N. (1995). Process analysis of adult age effects on a computer-administered trail making test. *Neuropsychology*, 9, 518-528.
- Sanders, R. E., Murphy, M. D., Schmitt, F. A., & Walsh, K. K. (1980). Age differences in free-recall rehearsal strategies. *Journal of Gerontology*, 35, 550-558.
- Sauzeon H, N’Kaoua B, & Claverie B. (2001). The effect of self generated category cues on organized processing in the recall performance of young, middle-old, and old adults. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain and Cognition*, 5, 65–78.
- Scahill, R. I., Frost, C., Jenkins, R., Whitewell, J. L., Rossor, M. N., & Fox, N. C. (2003). A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging. *Archives of Neurology*, 60 (7), 989-994.
- Schacter, D. L. (1983). Feeling-of-knowing in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 39-54.
- Schacter, D. L. (1997). False recognition and the brain. *Current Direction in Psychological Science*, 3, 65-70.
- Schacter, D. L., Harbluk, J. L., & McLachlan, D. R. (1984). Retrieval without recollection: An experimental analysis of source amnesia. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 593-611.
- Schacter, D. L., Savage, C. R., Alpert, N. M., Rauch, S. L., & Albert, M. S. (1996). The role of hippocampus and frontal cortex in age-related memory changes: a PET study. *NeuroReport*, 7(6), 1165.
- Scheck, P., & Nelson, T. O. (2005). Lack of pervasiveness of the underconfidence-with-practice effect: Boundary conditions and an explanation via anchoring. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 124-128.
- Schmidt, S. R. (1991). Can we have a distinctive theory of memory? *Memory & Cognition*, 19, 523-542.

- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime user's guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
- Schonfield, D., & Robertson, B. A. (1966). Memory storage and aging. *Canadian Journal of Psychology*, 20(2), 228.
- Schumacher, E. H., Lauber, E., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., & Koeppel, R. A. (1996). PET evidence for an amodal verbal working memory system. *Neuroimage*, 3, 79-88.
- Schwartz, B. L. (2001). The relation of tip-of-the tongue states and retrieval time. *Memory & Cognition*, 29, 117-126.
- Serra, M. J., & Dunlosky, J. (2005). Does retrieval fluency contribute to the underconfidence-with-practice effect? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 1258-1266.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1993). Supervisory control of action and thought selection. In A. D. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 171- 187). Oxford: Oxford University Press.
- Shaw, R. J., & Craik, F. I. M. (1989). Age differences in predictions and performance on a cued recall task. *Psychology and Aging*, 4(2), 131-135.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing. II. *Perceptual learning, automatic attending and a general theory*, *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Shimamura, A. P. (1995). Memory and frontal lobe function. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 803-813). Cambridge, MA: MIT Press.
- Shimamura, A. P., Janowsky, J. S., & Squire, L. R. (1990). Memory for the temporal order of events in patients with frontal lobe lesions and amnesic patients. *Neuropsychologia*, 28(8), 803-813.
- Shimamura, A. P., & Squire, L. R. (1986). Memory and metamemory: A study of the feeling-of-knowing phenomenon in amnesic patients. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(3), 452-460.
- Shing, Y. L., Werkle-Bergner, M., Brehmer, Y., Müller, V., Li, S.-C., & Lindenberger, U. (2010). Episodic memory across the lifespan: The contributions of associative and strategic components. *Neuroscience and Biobehavioural Reviews*, 34, 1080-1091.
- Schnyer, D. M., Nicholls, L., & Verfaellie, M. (2005). The role of VMPC in metamemorial judgments of content retrievability. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(5), 832-846.

- Schnyer, D. M., Verfaellie, M., Alexander, M. P., LaFleche, G., Nicholls, L., & Kaszniak, A. W. (2004). A role for right medial prefrontal cortex in accurate feeling-of-knowing judgements: Evidence from patients with lesions to frontal cortex. *Neuropsychologia*, 42(7), 957-966.
- Shimamura, A.P., & Jurica, P.J. (1994). Memory interference effects and aging: Findings from a test of frontal lobe function. *Neuropsychology*, 8, 408-412.
- Simons, J. S., & Spiers, H. J. (2003). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Neuroscience*, 4, 637-648.
- Slamecka, J. & Graf, P. (1978). The generation effect: delineation of a phenomenon, *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 4, 592-604.
- Smith, A. D. (1996). Memory. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 236- 250). San Diego, CA: Academic Press.
- Smith, E. E., Jonides, J., & Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6, 11-20.
- Son, L. K., & Metcalfe, J. (2000). Metacognitive and control strategies in study-time allocation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 204-221.
- Souchay, C. & Isingrini, M. (2004a). Age related differences in metacognitive control: Role of executive functioning. *Brain and Cognition*, 56, 89-99.
- Souchay, C., & Isingrini, M. (2004b). Age-related differences in the relation between monitoring and control of learning. *Experimental Aging Research*, 30, 179-193.
- Souchay, C., Isingrini, M., & Espagnet, L. (2000). Aging, episodic memory feeling-of-knowing, and frontal functioning. *Neuropsychology*, 2, 299-309.
- Souchay, C., Moulin, C. J. A., Clarys, D., Taconnat, L., & Isingrini, M. (2007). Diminished episodic memory awareness in older adults: Evidence from feeling-of-knowing and recollection. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 16(4), 769-784.
- Souchay, C., Moulin, C. J., Isingrini, M., & Conway, M. A. (2008). Rehearsal strategy use in Alzheimer's disease. *Cognitive Neuropsychology*, 25(6), 783-797.
- Spencer, W. D., & Raz, N. (1994). Memory for facts, source, and context: Can frontal lobe dysfunction explain age related differences? *Psychology and Aging*, 9, 149-159.
- Spencer, W. D., & Raz, N. (1995). Differential effects of aging on memory for contain and context: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, 4, 527-539.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 171-177.

- Stebbins, G. T., Carrillo, M. C., Dorfman, J., Dirksen, C., Desmond, J. E., Turner, D. A., et al. (2002). Aging effects on memory encoding in the frontal lobes. *Psychology and Aging*, 17(1), 44.
- Stein, B. S., & Bransford, J. D. (1979). Constraints on effective elaboration: Effects of precision and subject generation. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 769-777.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 6, 643-661.
- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Palumbo, C. L., Buckle, L., Sayer, L., & Pogue, J. (1994). Organizational strategies of patients with unilateral or bilateral frontal lobe injury in word list learning tasks. *Neuropsychology*, 3, 355-373.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D. T., Craik, F. I. M., Sayer, L., Franchi, D., & Alexander, M. P. (1996). Comparison of elderly subjects to patients with frontal lesions: evidence from list learning. *Psychology and Aging*, 11, 387-395.
- Swainson, R., Cunnington, R., Jackson, G. M., Rorden, C., Peters, A. M., Morris, P. G., et al. (2003). Cognitive control mechanisms revealed by ERP and fMRI: evidence from repeated task-switching. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 785-799.
- Sylvester, C.-Y. C., Wager, T. D., Lacey, S. C., Hernandez, L., Nichols, T. E., Smith, E. E., et al. (2003). Switching attention and resolving interference: fMRI measure of executive functions. *Neuropsychologia*, 41, 337-370.
- Taconnat, L. (2005). Apport du paradigme de production d'informations dans l'étude des dissociations entre les mesures de mémoire. [Contribution of word generation paradigm to the study of dissociation between memory measures]. *L'Année Psychologique*, 105(3), 521-537.
- Taconnat, L., Baudouin, A., Fay, S., Vanneste, S., Clarys, D., Tournelle, L., & Isingrini, M. (2006). Aging and implementation of encoding strategies: The role of executive functions. *Neuropsychology*, 20, 658-665.
- Taconnat, L., Clarys, D., Vanneste, S., Bouazzaoui, B., & Isingrini, M. (2007). Aging and strategic retrieval in a cued-recall test: The role of executive functions and fluid intelligence. *Brain & Cognition*, 64, 1-6.
- Taconnat, L., Froger, C., Sacher, M., & Isingrini, M. (2008). Generation and associative encoding in young and old adults: The effect of the strength of association between cues and targets on a cued recall task. *Experimental Psychology*, 1, 23-30.

- Taconnat, L. & Isingrini, M. (1995). Mémoire et vieillissement : hypothèse d'un déficit de production dans l'élaboration de traitement à l'encodage. *Bulletin de psychologie*, *XLVIII* (420), 502-505.
- Taconnat, L. & Isingrini, M. (1996). Mémoire et Vieillessement : Effet de la difficulté d'une tâche de production sur une tâche de rappel libre. *L'Année Psychologique*, *96*, 67-84.
- Taconnat, L. & Isingrini, M. (2004). Cognitive operations in the generation effect on a recall test: Role of aging and divided attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *30*, 4, 827-837.
- Taconnat, L., Isingrini, M., Vanneste, S. (2003). Effet production et vieillissement : les traitements sémantiques spécifique et relationnel mis en jeu dans l'effet production. *L'Année Psychologique*. *103*, 199-221.
- Taconnat, L., Raz, N., Toczé, C., Bouazzaoui, B., Sauzéon, H., Fay, S., & Isingrini, M. (2009). Aging and organization strategies in free recall: The role of cognitive flexibility. *European Journal of Cognitive Psychology, Special Issue: Aging, Neuropsychology and Cognition*, *21*, 347-365.
- Taconnat, L. & Rémy, P. (2006) Les faux souvenirs au cours du vieillissement normal : données empiriques et modèles théoriques. *L'Année Psychologique*, *106*, 3, 457-486.
- Thiede, K. W., Anderson, M. C. M., & Theriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, *95*, 66-73.
- Thiede, K. W., & Dunlosky, J. (1999). Toward a general model of self-regulated study: An analysis of selection of items for study and self-paced study time. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *25*, 1024-1037.
- Thomson, D.M., & Tulving, E. (1970). Associative encoding and retrieval: Weak and strong cues. *Journal of Experimental Psychology*, *86*, 255-262.
- Thuillard, F., & Assal, G. (1991). Données neuropsychologiques chez le sujet âgé normal. In M. Habib, Y. Joannette & M. Puel (Eds.), *Démences et syndromes démentiels: Approche neuropsychologique*. (pp. 125-133). Paris: Masson.
- Touron, D. R., & Hertzog, C. (2004). Distinguishing age differences in knowledge, strategy use, and confidence during strategic skill acquisition. *Psychology and Aging*, *19*, 452-466.
- Touron, D.R., Hoyer, W.J., & Cerella, J. (2004). Cognitive skill learning: Age-related differences in strategy shifts and speed of component operations. *Psychology and Aging*, *19*(4), 565-580.

- Troyer, A. K., Moscovitch, M. M., & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: Evidence from younger and older healthy individuals. *Neuropsychology*, 11, 138-146.
- Tulving, E. (1966). Subjective organization and effects of repetition in multi-trial free-recall learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 193-197.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychologist*, 26, 1-12.
- Tulving, E. (1991). Concepts of human memory. In L. R. Squire, N. M. Weinberger, G. L. Lynch & J. L. McGaugh (Eds.), *Memory: Organization and locus of change* (pp. 3–32). Oxford: Oxford University Press.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience* (pp. 839-847). Cambridge: A Bradford book, The MIT Press.
- Tulving, E. (2001). Episodic memory and common sense: How far apart? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 356, 1505-1515.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1-25.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.
- Valdois, S. & Joannette, Y. (1991). Aspects neuropsychologiques du vieillissement normal. In M. Habib, Y. Joannette & M. Puel (Eds.), *Syndromes démentiels: approche clinique et neuropsychologique* (pp. 137-144). Paris : Masson.
- Van der Linden, M., Collette, F., Salmon, E., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., et al. (1999). The neural correlates of updating of information in verbal working memory. *Memory*, 7, 549-560.
- Van der Linden, M., & Hupet, M. (1994). *Le vieillissement cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Vazou, F. & Isingrini, M. (1994). *Normes d'associations verbales*. Tours, France : Laboratoire de Psychologie Expérimentale de l'Université de Tours.
- Vendrell, P., Junqué, C., Pujol, J., Jurado, M. A., Molet, J., & Grafman, J. (1995). The role of the prefrontal regions in the Stroop task. *Neuropsychologia*, 33, 341-352.
- Verhaeghen, P., & De Meersman, L. (1998). Aging and the negative priming effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13(3), 435-444.

- Verhaeghen, P., & Marcoen, A. (1994). The production deficiency hypothesis revisited: Adult age differences in strategy use as a function of processing resources. *Aging and Cognition*, 1, 323-338.
- Vilkki, J., Servo, A., & Surma-aho, O. (1998). Word list learning and prediction of recall after frontal lobe lesions. *Neuropsychology*, 12, 268-277.
- Wechsler, D. (1981) Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale—Revised. Psychological Corporation, New York.
- Wechsler, D. (1987). *Wechsler Memory Scale Revised Manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Hallam, B. J., & Delis, D. C. (2005). Mental flexibility: age effects on switching. *Neuropsychology*, 19(3), 345-352.
- Werkle-Bergner, M., Müller, V., Li, S.C., & Lindenberger, U. (2006). Cortical EEG correlates of successful memory encoding: Implications for lifespan comparisons. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 839-854.
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- West, R., & Baylis, G. C. (1998). Effects of increased response dominance and contextual disintegration on the Stroop interference effect in older adults. *Psychology and Aging*, 13(2), 206-217.
- West, R. L., & Thorn, R. M. (2001). Goal-setting, self-efficacy, and memory performance in older and younger adults. *Experimental Aging Research*, 27, 41–65.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1995). Frontal lobe damage produces episodic memory impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 1, 525-536.
- Wheeler, M.A., Stuss, D.T., & Tulving, E. (1997). Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness. *Psychological Bulletin*, 121, 331–354.
- Whelihan, W. M., & Leshner, E. L. (1985). Neuropsychological changes in frontal functions with aging. *Developmental Neuropsychology*, 1, 371-380.
- Whiting, W. L. (2003). Adult age differences in divided attention: Effects of elaboration during memory encoding. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 10 (2), 141-157.
- Woo, E., Schmitter-Edgecombe, M. & Fancher, J. B. (2008). Memory prediction accuracy in younger and older adults: A cross-sectional and longitudinal analysis. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 15, 68-94.

- Wood, S., Busemeyer, J., Koling, A., Cox, C. R., & Davis, H. (2005). Older adults as adaptive decision makers: Evidence from the Iowa Gambling Task. *Psychology and Aging*, 20, 220–225.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441-517.
- Yonelinas, A. P., Otten, L. J., Shaw, K. N., & Rugg, M. D. (2005). Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 25(11), 3002-3008.
- Yuille, J. C. (1973). A detailed examination of mediation in PA learning. *Memory & Cognition*, 1, 333-342.
- Yussen, S.R., (1985). The role of metacognition in contemporary theories of cognitive development. In: Forrest-Presley, D.L., MacKinnon, G.E. and Waller, T.G. Editors, 1985. *Metacognition, cognition, and human performance* Academic, Orlando, FL, pp. 253–283.
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of aging and cognition* (pp. 293-357). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115, 167-184.
- Zimmer, H. D., Mecklinger, A., & Lindenberger, U. (2006). *Handbook of binding and memory: Perspectives from cognitive neuroscience*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.

Annexes

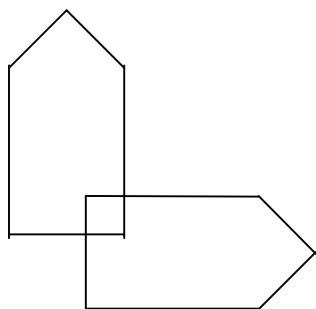
QUESTIONS	REPONSES / REMARQUES	COTATION
1) <u>ORIENTATION TEMPORELLE</u> - En quelle année sommes-nous ? - En quelle saison sommes-nous ? - Quel mois de l'année sommes-nous ? - Quel jour de la semaine sommes-nous ? - Le combien du mois sommes-nous ?		0 1 2 3 4 5
2) <u>ORIENTATION SPATIALE</u> - Dans quel pays sommes-nous ? - Dans quel département sommes-nous ? - Dans quelle ville sommes-nous ? - A quel étage sommes-nous ? - Où sommes-nous ici ?	amorçage permis région, province acceptées amorçage permis	0 1 2 3 4 5
3) <u>ENREGISTREMENT</u> Je vais vous dire 3 noms d'objets et je vais vous demander de les répéter. Essayez de bien les retenir parce que vous devrez me les redire dans un moment: Ballon, Citron, Clé	1 mot / sec. Répéter jusqu'à ce qu'ils soient appris. Max: 3 essais. Score déterminé par le 1er essai. Nb d'essais: 1,2,3	0 1 2 3
4) <u>ATTENTION ET CALCUL</u> Je vais vous demander de compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. Si le patient ne peut ou ne veut effectuer cette tâche, demander d'épeler le mot MONDE à l'endroit, puis à l'envers.	Arrêter après 5 soustractions. Noter le nombre de réponses correctes. En cas de difficulté, chaque soustraction peut être décomposée. En cas d'erreur, demander « Etes-vous sûr? » Si le patient corrige, compter le point. 93 86 79 72 65	0 1 2 3 4 5
5) <u>RAPPEL</u> Vous souvenez-vous des 3 mots que je vous ai demandé de retenir ?		0 1 2 3
6) <u>DENOMINATION</u> Comment cela s'appelle-t-il ? Montre, Crayon		0 1 2
7) <u>REPETITION</u>		

Annexes

J'aimerais que vous répétiez l'expression que je vais vous dire (1 seul essai): « Pas de mais, de si, ni de et »		0 1
8) <u>ORDRE ECRIT</u> Lisez à voix haute et faites ce qui est écrit		0 1
9) <u>ORDRE ORAL</u> Dans un instant, je vous donnerai une feuille. A ce moment, prenez cette feuille de la main droite, pliez-la en deux et mettez-la sur vos genoux	Ne donner les instructions qu'une fois. Ne pas conseiller en cours d'exécution.	0 1 2 3
10) <u>EXPRESSION ECRITE</u> Ecrivez une phrase. (doit contenir sjt, vb)		0 1
11) <u>PRAXIE CONSTRUCTIVE (Dessin)</u> Copiez le dessin qui est sur cette feuille		0 1
	TOTAL (sur 30)	

10) Phrase:

11) Dessin:



Annexe 2 : Geriatric Depression Scale (GDS, Brink, Yesavage, Lum, Heersema, Adey, & Rose, 1982)

1. Etes-vous satisfaits de votre vie ?	OUI	NON
2. Avez-vous renoncé à un grand nombre de vos activités ?	OUI	NON
3. Avez-vous le sentiment que votre vie est vide ?	OUI	NON
4. Vous ennuyez-vous souvent ?	OUI	NON
5. Etes-vous de bonne humeur la plupart du temps ?	OUI	NON
6. Craignez-vous un mauvais présage pour l'avenir ?	OUI	NON
7. Etes-vous heureux la plupart du temps ?	OUI	NON
8. Avez-vous souvent besoin d'aide ?	OUI	NON
9. Préférez-vous rester chez vous plutôt que de sortir ?	OUI	NON
10. Pensez-vous que votre mémoire est plus mauvaise que celle de la plupart des gens ?	OUI	NON
11. Pensez-vous qu'il est merveilleux de vivre à notre époque ?	OUI	NON
12. Avez-vous souvent le sentiment d'être désormais inutile ?	OUI	NON
13. Avez-vous beaucoup d'énergie ?	OUI	NON
14. Désespérez-vous de votre situation présente ?	OUI	NON
15. Pensez-vous que la situation des autres est meilleure que la vôtre et que les autres ont plus de chances que vous ?	OUI	NON

Score sur 15 :

Résultat – Forme abrégée

Normal :	3 +/- 2
Légèrement dépressif :	7 +/-2
Très dépressif :	12 +/-2

Annexe 3 : Test de vocabulaire du Mill-Hill (Deltour, 1993)

TEST DE VOCABULAIRE

Consigne:

Dans chaque groupe de six mots, soulignez le mot qui signifie la même chose que le mot écrit en majuscules au-dessus du groupe.

Le premier mot est donné en exemple.

1. MALARIA

base paludisme
théâtre fruit
océan ton

2. RUSE

couleur niaiserie
rude brûlure
rue astuce

3. RENONCER

contredire décrier
abandonner exécuter
démentir assembler

4. BAVARD

babillard courageux
taciturne solide
émerger montrer

5. CAPRICE

plainte bruit
fantaisie matrice
chevrette attaque

6. EVASION

vagabond caprice
obscurité fuite
vision erreur

7. PLAINTIF

astringent craintif
pétulant gémissant
investigateur timide

8. ANONYMAT

applicable magnifique
anomie fictif soulever
faux sans-nom

9. ELEVER

lancer bouger
travailler
résoudre disperser

10. FASCINE

maltraité effrayé
empoisonné charmé
fasciculé copié

11. FECOND

comestible optatif
profond prolifique
sublime aride

12. IMMERGER

fréquenter embrasser
plonger renverser
émerger montrer

13. COURTOIS

affreux orgueilleux
aimable court
révérent vrai

14. GOELETTE

building homme
goéland chant
plante voilier

15. FUTILE

inimitable contraire
sublime frivole
utile aimant

16. PRECIS

naturel stupide
fautif petit
rigoureux confus

17. PROSPERITE

imagination opulence
empiétement supplique
prospection succession

18. MEDIRE

défier atténuer
suspendre calomnier
dénaturer conclure

19. AMULETTE

charme	veste
mouvement	talisman
amulette	saveur

20. EXTRAVAGANT

inexplicable	égoïste
romantique	bizarre
raisonné	louablesoin

21. RESSEMBLANCE

analogie	étourderie
apparence	repos
	souvenir

22. ADJACENT

incontestable	continu
instable	taciturne
loquace	contigu

23. CONSACRER

dissiper	consoler
supprimer	expliquer
dédier	sacrer

24. EBAUCHER

esquisser	embaucher
débaucher	déraciner
élaborer	approcher

25. POMPEUX

démocratique	ampoulé
essoufflé	prudent
destructif	anxieux

26. COUCHE

élevé	gênant
lourd	repoussé
repentant	étendu

27. DILIGENT

rebelle	lent
complaisant	expéditif
séduisant	crédule

28. SPECIEUX

fallacieux	contemporain
nourrissant	typique
spacieux	flexible

29. TEMERITE

précipitation	imprudence
nervosité	stabilité
ponctualité	humilité

30. DISCOURIR

haranguer	dédaigner
mépriser	abroger
dire	courir

31. CONCILIER

rassembler	accorder
renverser	concéder
compresser	renforcer

32. LIBERTIN

missionnaire	libérateur
libéral	maudit
régicide	dissolu

33. LIBERTE

licence	libéré
richesse	ennui
libertaire	joyeux

34. COMMUNICATOIRE

implacable	chétif
combinatoire	calme
mémorable	menaçant

Annexe 4 : listes des 30 mots cibles et des 60 mots indices, les paires de mots soulignées correspondent aux mots fortement associés (Izaute, Larochelle, Morency, & Tiberghien, 1996).

Cible	Indice	Cible	Indice
<u>Anesthésie</u>	<u>Hôpital</u>	Anesthésie	Canon
Aquarium	Pyramide	<u>Aquarium</u>	<u>Dauphin</u>
<u>Autruche</u>	<u>Sable</u>	Autruche	Chapeau
Bandeau	Guitare	<u>Bandeau</u>	<u>Tissu</u>
Berceau	Crayon	<u>Berceau</u>	<u>Lit</u>
Bouilloire	Ours	<u>Bouilloire</u>	<u>Café</u>
Brosse	Escargot	<u>Brosse</u>	<u>Vêtement</u>
Bureau	Bouquet	<u>Bureau</u>	<u>Ordinateur</u>
Casserole	Aiguille	<u>Casserole</u>	<u>Manche</u>
<u>Clavicule</u>	<u>Omoplate</u>	Clavicule	Zèbre
Crabe	Nœud	<u>Crabe</u>	<u>Plage</u>
Cyclope	Chemise	<u>Cyclope</u>	<u>Monstre</u>
Dédicace	Raquette	<u>Dédicace</u>	<u>Photographie</u>
<u>Ecrou</u>	<u>Prison</u>	Ecrou	Banque
<u>Faune</u>	<u>Forêt</u>	Faune	Bougie
Fossile	Cheminée	<u>Fossile</u>	<u>Squelette</u>
Gouvernail	Œuf	<u>Gouvernail</u>	<u>Barre</u>
<u>Javelot</u>	<u>Flèche</u>	Javelot	Carotte
<u>Marelle</u>	<u>Palet</u>	Marelle	Balcon
<u>Météorite</u>	<u>Roche</u>	Météorite	Ecole
<u>Mosaïque</u>	<u>Fresque</u>	Mosaïque	Citron
<u>Parasite</u>	<u>Poussière</u>	Parasite	Tabac
Passoire	Banc	<u>Passoire</u>	<u>Ecumoire</u>
<u>Pédiatre</u>	<u>Docteur</u>	Pédiatre	Chien
<u>Pipe</u>	<u>Homme</u>	Pipe	Pingouin
Planeur	Caillou	<u>Planeur</u>	<u>Ciel</u>
<u>Rubis</u>	<u>Cadeau</u>	Rubis	Gouttière
Seau	Moulin	<u>Seau</u>	<u>Serpillère</u>
<u>Sorcier</u>	<u>Baguette</u>	Sorcier	Chameau
<u>Tarentule</u>	<u>Bestiole</u>	Tarentule	Barbe

Paires de mots pour la familiarisation :

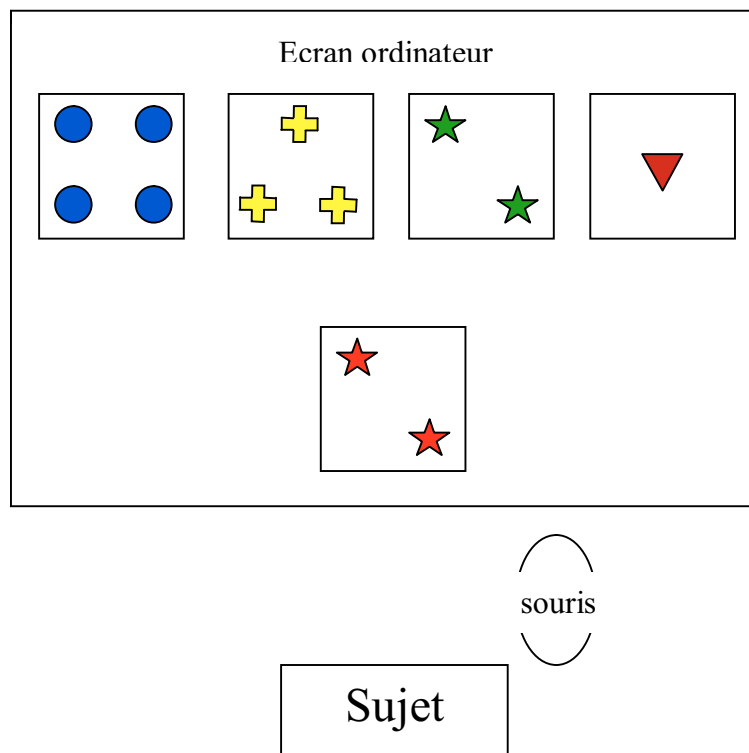
Cible	Indice
Tortue	Lait
<u>Parabole</u>	<u>Immeuble</u>
Papier	Clown
<u>Fauteuil</u>	<u>Canapé</u>

Caserne Gendarme
Paillasson Téléphone

Annexe 5 : Wisconsin Card Sorting Test (WCST, Lezak, 1995)

Consigne :

" Ce test est assez inhabituel parce que je ne peux pas vous fournir beaucoup d'explications. Je vais vous demander de classer chaque carte qui apparaît à l'écran avec l'une des 4 cartes déjà présentes à l'écran. Pour sélectionner la carte de classement, cliquez dessus grâce à la souris. Je ne peux pas vous dire comment classer les cartes, mais l'ordinateur vous précisera à chaque fois si votre classement est correct ou incorrect. Après la réponse de l'ordinateur et quelle que soit la réussite ou non de votre essai précédent, une nouvelle carte apparaît automatiquement à l'écran que vous devez de nouveau classer. Le temps n'est pas limité. Etes-vous prêt ? "



Annexe 6 : Consignes et feuille de notation de l'Excluded Letter Fluency Test (ELFT, Bryan et al., 1997).

Pendant 1 minute, vous allez me dire autant de mots que vous pouvez, ne contenant pas la lettre **A**.

Les noms propres (noms de lieux ou de personnes) et les mots de la même famille (par ex. : « heureux », « heureusement »...) ne comptent pas.

Pendant 1 minute, vous allez me dire autant de mots que vous pouvez, ne contenant pas la lettre **E**.

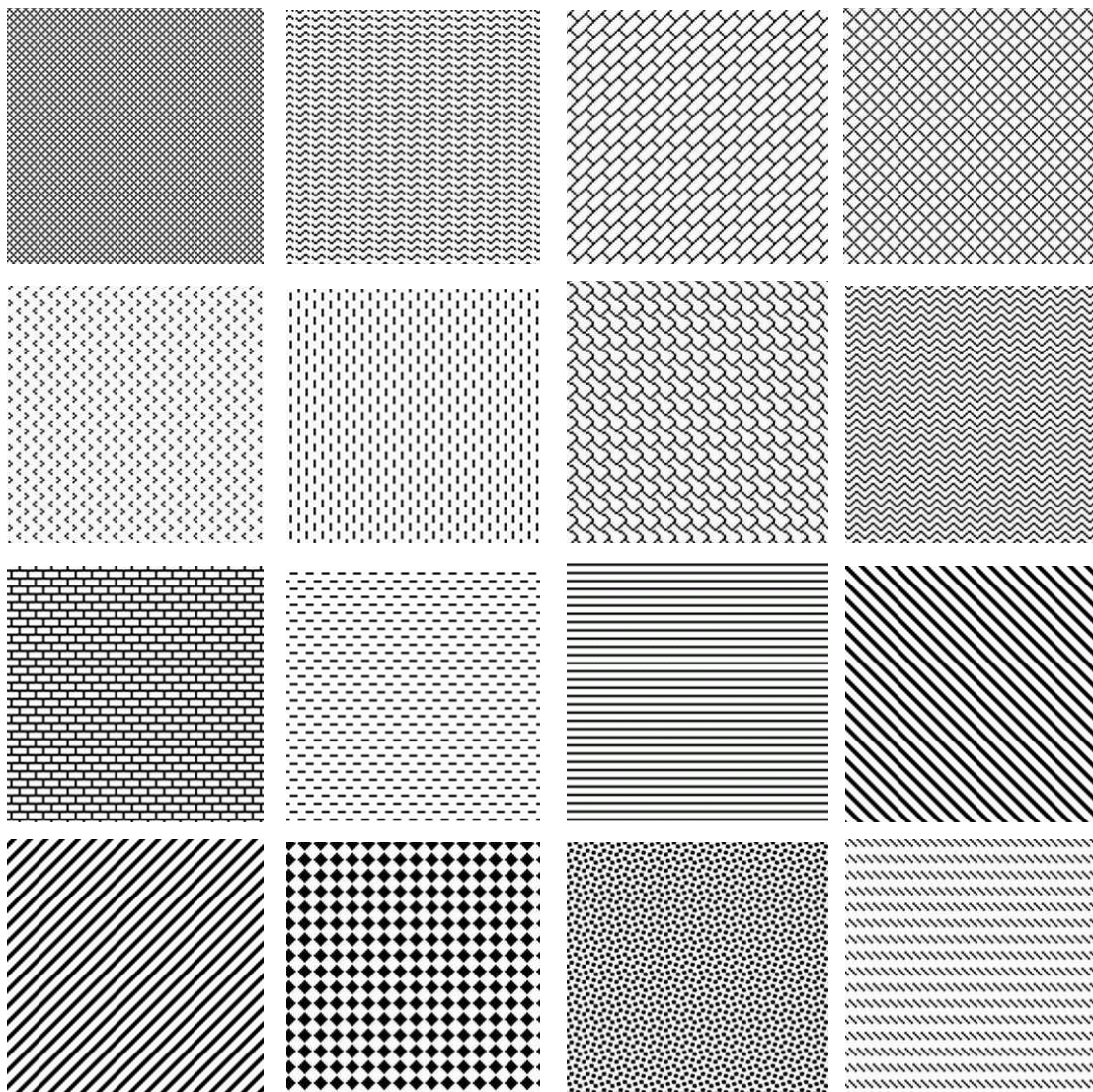
Les noms propres (noms de lieux ou de personnes) et les mots de la même famille (par ex. : « sortir », « sortant »...) ne comptent pas.

Annexe 7 : Self Ordered Pointing Task (SOPT, Petrides & Milner, 1982; Shimamura & Jurica, 1994)

Consigne :

« Vous allez voir apparaître à l'écran un ensemble de 16 figures géométriques abstraites différentes. Cet ensemble de 16 figures vous sera présenté 16 fois de suite. A chaque essai, vous devez sélectionner une nouvelle figure. Chaque nouvelle figure sélectionnée devra être différente de celles sélectionnées précédemment. L'objectif de ce test est de sélectionner les 16 figures différentes lors des 16 essais. Voici pour commencer un exemple avec 3 figures. »

Les 16 figures géométriques abstraites :



Annexe 8 : Test des comparaisons de lettres (Salthouse, 1990)

Consigne :

« Vous devez traiter un maximum de couples de lettres en 30 secondes. Lorsque les 2 lettres sont identiques (X-X ou O-O), vous devez cocher la case ‘identique’. Lorsque les 2 symboles sont différents (X-O ou O-X), vous devez cocher la case ‘différent’. »

		Identique	Différent			Identique	Différent
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	O	O	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe 9 : Test des codes (WAIS-III, Wechsler, 1981)

Consigne :

« Vous devez traiter un maximum de correspondance en 60 secondes. En vous reportant à la règle de correspondance située ci-dessous, vous devez inscrire dans chacune des cases le symbole correspondant au chiffre. »

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Note
—	⊥	□	└	└	O	^	x	=	

Exemples

2	1	3	7	2	4	8	2	1	3	2	1	4	2	3	5	2	3	1	4	5	6	3	1	4

1	5	4	2	7	6	3	5	7	2	8	5	4	6	3	7	2	8	1	9	5	8	4	7	3

6	2	5	1	9	2	8	3	7	4	6	5	9	4	8	3	7	2	6	1	5	4	6	3	7

9	2	8	1	7	9	4	6	8	5	9	7	1	8	5	2	9	4	8	6	3	7	9	8	6

Annexe 10 : Test des symboles (WAIS-III, Wechsler, 1981)

Consigne :

« Vous devez cocher la case appropriée à la bonne réponse. Oui, si au moins 1 des 2 symboles situés à gauche est présent parmi les 5 symboles situés à droite. Non, si aucun des 2 symboles situés à gauche ne sont présents parmi les 5 symboles situés à droite. Je vous montre avec 3 exemples et vous vous entraînerez avec 3 exemples supplémentaires. La durée du test est limitée à 90 secondes. »

WAIS-III
ECHELLE D'INTELLIGENCE DE
WECHSLER POUR ADULTES - 3^{ème} ÉDITION

Cahier de réponses

Symboles

Items d'exemples

\oplus	\ominus	\oplus	\angle	$<$	\vdash	\sim	<input checked="" type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
\neq	\boxplus	$\bar{\cap}$	\boxplus	\angle	\leadsto	\otimes	<input checked="" type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
\leadsto	\angle	\neq	\cap	Υ	\geq	\boxplus	<input type="checkbox"/> OUI	<input checked="" type="checkbox"/> NON

Items d'entraînement

\Vdash	$<$	\leadsto	\Vdash	\pm	$<$	\ominus	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
Υ	\leq	\angle	\leadsto	\cap	\oplus	\leq	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
\approx	\ominus	$\bar{\cap}$	\pm	\angle	\neq	Υ	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON

Nom _____

Date _____

Psychologue _____

Droitier _____ Gaucher _____
(entourer)

ecpa Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée

Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée - 25, rue de la Plaine - 75980 Paris Cedex 20. FRANCE.
Translated and adapted by permission. Copyright © 1997 by The Psychological Corporation, U.S.A.
French translation copyright © 2000 by The Psychological Corporation, U.S.A. All rights reserved.

Annexe 11 : Mémoire Logique 1 et 2 (Wechsler, 1987)

MEMOIRE LOGIQUE I - Administrer les deux histoires. Donner 1 point par item correct (voir Appendice A dans le Manuel pour les critères de notation).	Note
<p><i>Histoire A</i></p> <p>Anne / Boiron / du 20^e arrondissement / de Paris / travaillant / comme cuisinière / dans une cantine / scolaire /, a raconté / au poste de Police / de la Mairie / qu'elle avait été attaquée / dans la rue / la nuit précédente / et qu'on lui avait volé / deux cent cinq francs /. Elle avait quatre / petits enfants /, le loyer devait être payé /, et ils n'avaient pas mangé / depuis deux jours /. Le policier /, ému par l'histoire de cette femme /, organisa une collecte / pour elle /.</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Max. = 25</p> <p>Total Histoire A</p>	
<p><i>Histoire B</i></p> <p>Robert / Duchemin / conduisait / sur une nationale /, la nuit /, dans la vallée / du Rhône /, en direction de Marseille / un camion / de dix tonnes / contenant des oeufs /, quand son essieu / cassa /. Son camion dérapa / et dégringola /, dans un fossé /. Il fut projeté / contre le tableau de bord / et reçut un choc violent /. Il n'y avait pas de circulation / et il désespérait de voir arriver des secours /. Lorsque soudainement, son poste-émetteur / grésilla /. Il répondit aussitôt /, « Ici, la Sauterelle » /.</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Max. = 25</p> <p>Total Histoire B</p>	
<p>Max. = 50</p> <p>Total Histoire A + Histoire B</p>	

MEMOIRE LOGIQUE II - Administrer 30 mn après la Mémoire Logique I. Donner 1 point par item correct (voir Appendice A dans le Manuel pour les critères de notation).	Note
<p><i>Histoire A</i></p> <p>Anne / Boiron / du 20^e arrondissement / de Paris / travaillant / comme cuisinière / dans une cantine / scolaire /, a raconté / au poste de Police / de la Mairie / qu'elle avait été attaquée / dans la rue / la nuit précédente / et qu'on lui avait volé / deux cent cinq francs /. Elle avait quatre / petits enfants /, le loyer devait être payé /, et ils n'avaient pas mangé / depuis deux jours /. Le policier /, ému par l'histoire de cette femme /, organisa une collecte / pour elle /.</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Max. = 25</p> <p>Total Histoire A</p>	
<p><i>Histoire B</i></p> <p>Robert / Duchemin / conduisait / sur une nationale /, la nuit /, dans la vallée / du Rhône /, en direction de Marseille / un camion / de dix tonnes / contenant des oeufs /, quand son essieu / cassa /. Son camion dérapa / et dégringola /, dans un fossé /. Il fut projeté / contre le tableau de bord / et reçut un choc violent /. Il n'y avait pas de circulation / et il désespérait de voir arriver des secours /. Lorsque soudainement, son poste-émetteur / grésilla /. Il répondit aussitôt /, « Ici, la Sauterelle » /.</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Max. = 25</p> <p>Total Histoire B</p>	
<p>Max. = 50</p> <p>Total Histoire A + Histoire B</p>	



Charlotte FROGER

Déclin de la mémoire épisodique au cours du vieillissement normal : étude des médiateurs du déficit des processus stratégiques

Résumé : L'objectif de ce travail était d'appréhender le déficit associatif en mémoire épisodique des adultes âgés en termes de déclin des processus stratégiques. Comme composantes du déficit lié à l'âge des processus stratégiques, nous avons étudié les stratégies de mémoire en tant qu'opérations contrôlées, puis dans le cadre de la métamémoire en tant que processus de régulation, et finalement selon une approche neuropsychologique nous avons considéré le fonctionnement exécutivo-frontal comme élément essentiel de la mise en œuvre de stratégies mnésiques. L'ensemble des résultats suggère que le déficit associatif des adultes âgés est en partie dû à leur diminution des capacités d'initiation, d'exécution et d'adaptation de stratégies lors de l'encodage et de la récupération. En outre, le dysfonctionnement exécutif des adultes âgés limiterait leur capacité d'exploiter efficacement une stratégie mise en œuvre à l'apprentissage et à la récupération. Toutefois, l'augmentation de la quantité de support cognitif et l'amélioration de la qualité de ce dernier a permis de compenser leur déficit associatif en mémoire épisodique. Globalement, ce travail suggère que les adultes âgés bénéficieraient d'une réserve cognitive qui leur permettrait, à condition de support et d'entraînement cognitif, de compenser en partie leur déficit associatif en mémoire épisodique.

Mots-clés : Vieillissement, Mémoire Episodique, Déficit Associatif, Stratégies, Fonctions Exécutives, Métamémoire.

Abstract: The main goal of this thesis was to evaluate the age-related associative memory deficit in terms of encoding and retrieval strategies impairment. We studied memory strategies in terms of control processes, then within metamemory framework in terms of regulation process, and finally according to a neuropsychological approach we considered the executive control as a critical factor in the implementation of memory strategies. Results suggest that the age-related associative deficit is partly due to their reduction of the abilities of initiation, implementation and adaptation of strategies during encoding and retrieval. Moreover, the age-related executive dysfunction would restrict their ability to exploit efficiently a strategy implemented during encoding and/or retrieval. Nevertheless, the increase of the quantity of cognitive support and the improvement of its quality allowed compensating their associative deficit in episodic memory. Finally, this thesis suggests that older adults benefit from cognitive plasticity which would allow them, on the condition of support and on cognitive training, partly compensating their associative memory deficit.

Key-words: Aging, Episodic Memory, Associative Deficit, Strategies, Executive Functions, Metamemory.